



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BORDONADORA DE
TANQUES DE ACERO INOXIDABLE CON UN SISTEMA HIDRÁULICO
PARA INCREMENTAR SU RESISTENCIA EN LA EMPRESA INOX TEC.”**

AUTOR: Carlos Kevin Aviles Brito

TUTOR: Ing. Gonzalo Eduardo López Villacis, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Febrero – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BORDONADORA DE TANQUES DE ACERO INOXIDABLE CON UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA INCREMENTAR SU RESISTENCIA EN LA EMPRESA INOX TEC”**, elaborado por el Sr. Carlos Kevin Aviles Brito, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1805138128, estudiante de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Proyecto Técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, febrero 2024



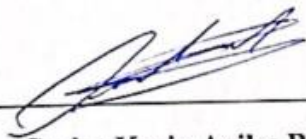
Ing. Gonzalo Eduardo López Villacis, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Carlos Kevin Aviles Brito**, con C.I. **1805138128** declaro que todos las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BORDONADORA DE TANQUES DE ACERO INOXIDABLE CON UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA INCREMENTAR SU RESISTENCIA EN LA EMPRESA INOX TEC”**, así como sus diseños, ideas, criterios, tablas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2024



Carlos Kevin Aviles Brito

C.I. 1805138128

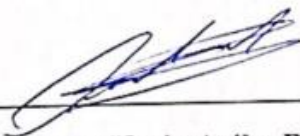
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi proyecto técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, febrero 2024



Carlos Kevin Aviles Brito

C.I. 1805138128


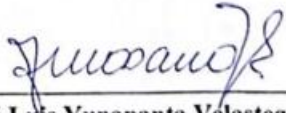
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del proyecto Técnico, realizado por el estudiante Carlos Kevin Aviles Brito de la Carrera de Mecánica, bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BORDONADORA DE TANQUES DE ACERO INOXIDABLE CON UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA INCREMENTAR SU RESISTENCIA EN LA EMPRESA INOX TEC”**.

Ambato, febrero 2024

Para constancia firman

 _____	 _____
Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero, MSc.	Ing. José Luis Yunapanta Velastegui, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR	MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo primeramente a Dios por darme la sabiduría y fuerza para haber culminado con éxito esta etapa.

A mis padres Carlos y Mónica por su inmenso amor, paciencia y comprensión, quienes me han apoyado a lo largo de este trayecto sin dejar de creer en mí, con su sabiduría supieron guiarme día a día, me dieron la fortaleza para conseguir esta meta siendo un pilar fundamental en mis años de formación.

A mi abuela Teresa que fue como una segunda madre para mí y estuvo al pendiente constantemente y me animó a culminar mi carrera.

A mis hermanas Stephanie y Leslie por no dejar de apoyarme y tener fe en que lograría cumplir este sueño.

A mis amigos que han estado junto a mi durante todos estos años en las buenas y las malas, con quienes tuve el gusto de compartir aulas y gratos momentos.

Gracias.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, que han permitido que realice mis estudios y cumplir la meta de ser un profesional.

A toda mi familia, por apoyarme desde el principio de mi etapa universitaria, dándome consejos y aportando con su granito de arena durante estos años de estudio.

A todos mis docentes que formaron parte de mi formación como profesional, por sus conocimientos impartidos y experiencias a lo largo de la carrera.

Al Ing. Gonzalo López, por su guía y apoyo durante la realización de este proyecto técnico.

Al Ing. Luis Salan que me abrió las puertas a su empresa y pudo apoyarme de todas las maneras para poder culminar el proyecto con éxito.

A mis amigos, quienes fueron mi compañía durante toda la etapa universitaria dentro de las aulas de la facultad.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

A.- PAGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE GENERAL DE FIGURAS	xii
ÍNDICE GENERAL DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.1.1 Investigaciones previas.....	2
1.1.2 Justificación	3
1.2 Objetivos:.....	4
1.2.1 General:.....	4
1.2.2 Específicos:.....	4
1.3 Marco Teórico.....	5
1.3.1. El bordonado.....	5
1.3.2. Tipos de bordonadoras.....	6
1.3.3. Tipos de roldanas universales en bordonadoras	8
1.3.4. Aplicaciones para rodillos de una bordonadora.....	10
1.2 Normativa de seguridad	17
1.3 Deformación metálica.....	17

1.1.1	Deformación plástica	21
1.1.1	Deformación elástica	21
1.1.1	Características de la deformación en frío	22
1.4	Método de elementos finitos.....	23
1.1.1	Aplicación del método	24
1.1.2	Análisis no lineal	25
1.1.3	Análisis dinámico no lineal.....	25
1.1.4	Calidad de Malla.....	25
CAPÍTULO II		26
METODOLOGÍA.....		26
2.1	Materiales.....	26
2.1.1	Tanques y láminas a bordonar	26
2.1.2	Propiedades del material a utilizar.....	26
2.1.3	Materiales en los rodillos.....	27
2.2	Sistema Hidráulico en las máquinas bordonadoras	27
2.3	Partes de una máquina bordonadora hidráulica	28
2.3.1	Sistema Mecánico	28
2.1.1	Sistema eléctrico	29
2.3.3	Sistema Hidráulico.....	31
2.3.4	Estructura.....	34
2.3.4.1	Tubo estructural ASTM A-500	34
2.3.5	Interruptores de encendido y apagado	35
2.3.6	Botón de paro de emergencia.....	35
2.4	Criterios para el diseño de los elementos.....	35
2.4.1	Motor eléctrico.....	35
2.4.2	Dimensionamiento de los ejes	37
2.4.3	Engranés y Piñones.....	39
2.4.4	Rodamientos	40
2.1.5	Cilindro Hidráulico	41
2.4.6	Rodillos.....	43
2.4.7	Eslabón.....	44
CAPÍTULO III		46

RESULTADOS Y DISCUSION	46
3. Cálculo de la fuerza de doblado en rodillos inclinados.....	46
3.1 Cálculo de la fuerza de contacto	46
3.2 Cálculo de la fuerza de rozamiento.....	48
3.3 Radio mínimo de doblado.....	49
3.4 Cálculo del eje superior	50
3.4.1 Análisis de esfuerzos combinados	53
3.4.2 Análisis de concentración de esfuerzos	54
3.5 Cálculo del eje inferior	55
3.5.1 Análisis de esfuerzos combinados	58
3.5.2 Análisis de concentración de esfuerzos	59
3.6 Selección de Rodamientos	61
3.6.1 Eje superior.....	61
3.6.2 Eje inferior	63
3.6.3 Lubricación en los rodamientos.....	64
3.7 Cálculo engranes rectos	65
3.7.1 Numero de dientes	66
3.7.2 Altura cabeza del diente.....	66
3.7.3 Altura pie del diente.....	66
3.7.4 Diámetro exterior.....	66
3.7.5 Altura interior	66
3.7.6 Propiedades del material.....	66
3.7.7 Fuerza tangencial	67
3.7.8 Fuerza radial	67
3.7.9 Esfuerzo de flexión.....	67
3.7.10 Velocidad lineal del engranaje.....	68
3.7.11 Factor de seguridad en flexión.....	68
3.7.12 Esfuerzo de contacto.....	70
3.7.13 Factor de seguridad de contacto.....	71
3.8 Cálculo piñones y cadena	74
3.8.1 Velocidad de la cadena	74
3.8.2 Tensión del ramal conductor.....	75
3.8.3 Longitud de la cadena	75

3.8.4 Coeficiente de seguridad (carga de rotura)	75
3.8.5 Presión en articulaciones	76
3.9 Cálculo sistema hidráulico.....	76
3.9.1 Diámetro el émbolo	76
3.9.2 Selección del pistón hidráulico	77
3.9.3 Caudal del sistema	78
3.9.4 Bomba hidráulica.....	79
3.9.5 Motor eléctrico.....	79
3.9.6 Aceite hidráulico.....	81
3.10 Simulación de bordonado	82
3.10.1 Análisis Estructural.....	82
3.11 Presupuesto	86
3.11.1 Estructura.....	87
3.11.2 Mecanismo.....	87
3.11.3 Sistema hidráulico.....	88
3.11.4 Sistema eléctrico	89
3.11.5 Mano de obra	90
3.11.6 Maquinaria y Herramientas	90
3.11.7 Costo total.....	91
3.12 Especificaciones técnicas.....	91
3.13 Manual de operación y mantenimiento de la máquina bordonadora hidráulica	92
3.13.1 Manual de mantenimiento	95
CAPÍTULO IV	97
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
4.1 Conclusiones.....	97
4.2 Recomendaciones	98
5. Bibliografía.....	99
Anexos	102

ÍNDICE GENERAL DE FIGURAS

Figura 1. Máquina, bordonado de un bidón [7]	5
Figura 2. Máquina plegadora hidráulica [8]	6
Figura 3. Máquina cizalla manual [8].....	7
Figura 4. Máquina punzonadora hidráulica [8]	8
Figura 5. Bordonadora – Claflanadora [8].....	8
Figura 6. Tipos de roldanas de una bordonadora [9].	9
Figura 7. Roldanas de 4mm. [10]	9
Figura 8. Rebordeadores BC. [11].....	10
Figura 9. Rodillos de pliegue doble. [11]	11
Figura 10. Reducción de rodillos con surco para chaveta [11]	12
Figura 11. Rodillos de reducción con tope. [11].....	13
Figura 12. Rodillos inclinados BD. [11].....	14
Figura 13. Rodillos lisos. [11].....	15
Figura 14 Rodillos plegadores S. [11].....	16
Figura 15. Laminado en frío. [17]	18
Figura 16. Estampación en carrocería de un coche. [17]	19
Figura 17. Extrusión en frío [17].....	19
Figura 18. Doblado en frío. [18].....	20
Figura 19. Curvado en frío. [18].....	20
Figura 20. Embutición de distintas herramientas. [18]	21
Figura 21 Proceso de trefilado. [18]	21
Figura 22. Curva de esfuerzo vs deformación. [19]	22
Figura 23. Esquema del uso del método de elementos finitos. [21].....	24
Figura 24. Análisis dinámico lineal y no lineal. [21].....	25
Figura 25. Eje superior de la máquina bordonadora	28
Figura 26. Rodillo deformador liso	29
Figura 27. Fusible	30
Figura 28. Relé térmico.....	30
Figura 29. Sistema hidráulico básico [6]	31
Figura 30. Partes de un actuador hidráulico simple [31]	32
Figura 31. Partes de un filtro simple [31]	34
Figura 32 Motor eléctrico.....	36
Figura 33 Eje superior.....	38
Figura 34 Piñón.....	39

Figura 35: Rodamiento de bola	40
Figura 36: Cilindro hidráulico.....	42
Figura 37: Rodillo	43
Figura 38 Eslabón	44
Figura 39 Diagrama de fuerza de rozamiento en los rodillos	48
Figura 40: Eje superior.....	50
Figura 41: Diagrama de carga	50
Figura 42: Diagrama de corte plano XY	51
Figura 43 Diagrama de momento plano XY.....	51
Figura 44 Diagrama de corte plano XZ.....	52
Figura 45: Diagrama de momento plano XZ.....	52
Figura 46 Eje inferior.....	55
Figura 47: Diagrama de carga	56
Figura 48: Diagrama de corte plano XY	56
Figura 49: Diagrama de momento plano XY	57
Figura 50: Diagrama de corte plano XZ.....	57
Figura 51: Diagrama de momento plano XZ.....	58
Figura 52: Viscosidad requerida vs temperatura de funcionamiento. [40]	65
Figura 53 Número de esfuerzo de flexión permisible de engranes St. [40]	69
Figura 54: Factor de ciclos de esfuerzo repetidamente aplicados de resistencia a la flexión Yn.....	69
Figura 55: Resistencia a la fatiga por contacto Sc a 10 ⁷ ciclos. [40]	71
Figura 56: Factor de ciclos de esfuerzos de resistencia a la salpicadura Zn	72
Figura 57: Plano del engrane seleccionado	73
Figura 58: Modelado de tanque.....	82

ÍNDICE GENERAL DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades Químicas del acero AISI 304	26
Tabla 2. Propiedades mecánicas del acero AISI 304	26
Tabla 3. Propiedades mecánicas del acero AISI 1045	27
Tabla 4. Propiedades mecánicas del acero AISI 1018	27
Tabla 5 Propiedades mecánicas del tubo estructural ASTM A-500	35
Tabla 6. Radio mínimo de doblado para diversos metales a temperatura ambiente [40]	49
Tabla 7 Estimaciones de primera iteración de los valores de concentración de esfuerzo. [40]	54
Tabla 8 Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin. [40].....	54
Tabla 9 Estimaciones de primera iteración de los valores de concentración de esfuerzo. [40]	59
Tabla 10 Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin. [40].....	60
Tabla 11: Selección rodamiento eje superior. [40].....	62
Tabla 12: Selección rodamiento eje inferior. [40]	64
Tabla 13: Propiedades del acero AISI 4140 Normalizado. [41]	67
Tabla 14: Engrane adecuado para el diseño establecido	73
Tabla 15: Piñones - Sprockets 1/2" x 5/16". [40]	74
Tabla 16: Selección de piñones ideales para el diseño	76
Tabla 17: Cilindros estándar (series 700). [40]	77
Tabla 18: Propiedades del cilindro 702/150	77
Tabla 19: Bomba hidráulica series Polaris. [43].....	79
Tabla 20: Selección de motor eléctrico. [44].....	80
Tabla 21: Resultado de la deformación total del tanque	83
Tabla 22: Resultado de tensión von Mises del tanque	83
Tabla 23: Resultado de la tensión principal máxima	84
Tabla 24: Resultado de la tensión principal mínima.....	85
Tabla 25: Resultado de la tensión principal mínima.....	85
Tabla 26: Costo de la estructura	87
Tabla 27: Costos de materiales para el mecanismo	87
Tabla 28: Costos de componentes del sistema hidráulico.....	88
Tabla 29: Costos de mangueras hidráulicas.....	88
Tabla 30: Costo total del sistema hidráulico.....	89
Tabla 31: Costos de materiales para el sistema eléctrico.....	89
Tabla 32: Costos de mano de obra para la construcción.....	90

Tabla 33: Costos de máquinas herramientas	90
Tabla 34: Costo total para la construcción de equipo	91
Tabla 35: Datos técnicos de la máquina	91
Tabla 36: Cronograma de mantenimiento	96

RESUMEN EJECUTIVO

La empresa metalmecánica INOX TEC ubicada en Cunchibamba, en la provincia de Tungurahua, requiere una máquina de bordonado de láminas y tanques en acero inoxidable, para el mejoramiento de sus propiedades en dicho material. Se planteó diseñar y construir una máquina bordonadora hidráulica que pueda ejecutar el bordonado con espesores de hasta 4 mm en acero inoxidable AISI 304.

El estudio se fundamentó en fuentes bibliográficas y estudios de campo, se demostró la factibilidad de implementar el equipo. Se seleccionó un sistema mecánico eficiente y adecuado a la capacidad productiva de la empresa para garantizar su viabilidad económica, de la misma manera se empleó un sistema hidráulico para facilitar su uso. Se realizaron cálculos, diseños y procesos de mecanizado, se elaboraron planos y simulaciones computacionales. Asimismo, se llevaron a cabo estudios posteriores al proceso de bordonado donde el acero inoxidable AISI 304 mejora de manera significativa sus propiedades, así como su dureza y resistencia.

La bordonadora hidráulica ofrece una solución ideal y rápida mediante el uso de un cilindro neumático de doble efecto que permite el accionamiento rápido y eficaz al momento del bordonado, además de un centro de control mediante el cual se puede manejar el proceso de manera sencilla. Los materiales utilizados y el diseño del equipo garantizan su durabilidad y eficiencia a largo plazo.

Este proyecto contribuye al bienestar de la empresa y tiene el potencial de aplicarse en otros contextos similares de ser requerido.

Palabras clave: bordonadora, diseño, sistema mecánico, sistema hidráulico, construcción.

ABSTRACT

The metalworking company INOX TEC located in Cunchibamba, in the province of Tungurahua, requires a beading machine for stainless steel sheets and tanks, to improve the properties of said material. It was proposed to design and build a hydraulic beading machine that can perform beading with thicknesses of up to 4 mm in AISI 304 stainless steel.

The study was based on bibliographic sources and field studies, the feasibility of implementing the equipment was demonstrated. An efficient mechanical system was selected, appropriate to the productive capacity of the company to guarantee its economic viability, in the same way a hydraulic system was used to facilitate its use. Calculations, designs and machining processes were carried out, plans and computer simulations were prepared. Likewise, studies were carried out after the beading process where AISI 304 stainless steel significantly improves its properties, as well as its hardness and resistance.

The hydraulic beading machine offers an ideal and fast solution through the use of a double-acting pneumatic cylinder that allows quick and efficient actuation at the time of beading, as well as a control center through which the process can be managed in a simple way. The materials used and the design of the equipment guarantee its long-term durability and efficiency.

This project contributes to the well-being of the company and has the potential to be applied in other similar contexts if required.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BORDONADORA DE TANQUES DE ACERO INOXIDABLE CON UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA INCREMENTAR SU RESISTENCIA EN LA EMPRESA INOX TEC”.

1.1 Antecedentes Investigativos

En las máquinas bordonadoras se debe tener en cuenta ciertos criterios antes del desarrollo y elección del mismo, existen máquinas bordonadoras manuales, las cuales son usadas comúnmente para elementos de menor tamaño y espesor, están pensadas para trabajos de fumistería. Son sencillas pero robustas de tal manera que facilitan el transporte a cualquier lugar y viene equipada con juegos de roldanas o rodillos universales para poder combinarlas según trabajos a realizar. [1]

Existen también bordonadoras hidráulicas las cuáles permiten desarrollar trabajos a mayor escala y con espesores mucho mayores, son máquinas más robustas y se destacan por la elevada precisión, flexibilidad y ahorro de operación. [1]

Se debe tener en cuenta el tipo de bordonadora que se va a realizar, existen varios tipos de bordonadoras con las que se pueden trabajar, la principal y con la cuál vamos a ejecutar este proyecto es una bordonadora motorizada AKM que consiste en formar una o varias nervaduras de perfil curvo que se realizan perimetralmente en una pieza o tubo previamente trefilado. El objetivo de esta operación es dotar a la pieza de una mayor resistencia a la deformación. [2]

Es importante destacar las medidas de seguridad en las máquinas bordonadoras, tienen que seguir ciertas normativas (CE) para seguridad y control de la misma con el fin de establecer los requisitos tanto como las condiciones necesarias para el correcto desarrollo de la maquinaria requerida. [2]

1.1.1 Investigaciones previas

Se han realizado varias investigaciones previas con respecto a la elaboración de máquinas bordonadoras, roladoras, dobladoras a continuación se presentan proyectos similares y que pueden aportar información para el desarrollo del proyecto propuesto.

Mejía Ordoñez Danny Wilfrido [3] “Estudio del proceso de rolado de láminas metálicas y su incidencia en el tiempo de operación en la fabricación de tanques inoxidables en la empresa INOX-TEC en la ciudad de Latacunga” En este trabajo se determinaron los parámetros necesarios para seleccionar un reemplazo adecuado para una dobladora de chapa, incluyendo la selección de materiales adecuados para la fabricación de ejes que soporten grandes cargas y no sean voluminosos.

Pankaj Kailasrao Bhoyar [4] “Modelado de la plantilla de soporte para la máquina laminadora de cuentas” El objetivo principal de una máquina de rodillos es proporcionar ranuras en chapas cilíndricas. Esta máquina se utiliza principalmente en la industria del moldeo rotacional para hacer ranuras en tanques o láminas de metal.

Zamora Valdez Mateo Santiago [5] con respecto al “Análisis de resultados del proceso de mejora continua de maquinaria; Caso de estudio TECNERO S.A” En el trabajo propuesto nos presenta las mejoras que se pueden realizar en diferentes máquinas que involucra directamente a la bordonadora, muestra cómo se puede mejorar el proceso y su optimización.

Chávez Bonito Carlos Efraín [6] “Diseño y construcción de una máquina hidráulica para doblar tubería redonda de acero al carbono de tres y cuatro pulgadas cédula 40 con ángulos de 90°.” Implementar maquinaria en una empresa metalmeccánica ayuda en el desarrollo de nuevos y mejores productos en este trabajo se puede señalar el diseño y construcción de dobladoras de tubos de arrastre y determinar parámetros para una buena selección de fluidos hidráulicos para asegurar el óptimo desempeño en la maquinaria seleccionada

1.1.2 Justificación

En el presente trabajo se propone realizar el diseño y construcción de una máquina bordonadora de tanques en la empresa INOX TEC que se encuentra ubicada en la ciudad de Ambato en la carretera Panamericana en la parroquia Cunchibamba, la finalidad es emplearla para laminar perfiles de acero inoxidable, obteniendo así una mejor acabado y resistencia en el material.

La máquina bordonadora es aquella que permite llevar a cabo un proceso de conformación sin separación de material. Esta se utiliza para aplicarse en chapas o perfiles donde sus bordes son tratados a través de un proceso mecánico, luego de haber sido llevados a cabo en otros procesos. Todo el trabajo que se realiza para lograr la conformación de la chapa o perfil es para unificar piezas, conseguir el aumento de rigidez, seguridad y estética. Asimismo, dichos bordes pueden ser abiertos, en forma de lágrima o planos. Las bordonadoras se utilizan generalmente para mejorar la seguridad en el producto, mayor estética y a su vez para aumentar la rigidez del producto.

La mayoría de las máquinas bordonadoras suelen ser manuales, por lo que se pretende analizar métodos más adecuados que se adapten a las necesidades de la empresa, una de ellas es el sistema hidráulico y una caja reductora de engranes.

Mediante el software Solid Works se realizará un modelo de la máquina bordonadora que cumpla con los requisitos y necesidades exigidas en la empresa INOX TEC para su posterior construcción. Además, se va a utilizar el método de análisis por elementos finitos para la validación de resultados antes y después del perfilado, esto nos proporcionará más confianza a la hora de validar los resultados obtenidos.

Aplicando los conocimientos de ingeniería se pretende realizar un óptimo diseño a fin de mejorar el desarrollo tecnológico, nivel de competitividad y que los procesos de fabricación cumplan altos estándares de calidad en INOX TEC.

1.2 Objetivos:

1.2.1 General:

Diseñar y construir una máquina bordonadora de tanques de acero inoxidable con un sistema hidráulico para incrementar su resistencia en la empresa “INOX TEC”.

1.2.2 Específicos:

- Determinar el tipo de mecanismo óptimo para el proceso de bordonado de perfiles en acero inoxidable AISI 304.
- Diseñar el sistema hidráulico en función a los componentes y accesorios para minimizar tiempos y costos de producción.
- Evaluar el rendimiento del diseño por medio del software CAE para contribuir con la mejora de los productos de la empresa.
- Construir e implementar la máquina bordonadora de tanques de acero inoxidable en un espesor $\frac{1}{4}$ ''.

1.3 Marco Teórico

1.3.1. El bordonado

Se llama bordonado o bordoneado también moldura que se hace longitudinal o circularmente en una lámina, se le llama rebordeado o rebordeado por resistencia. [7]

Consiste en una o más nervaduras con un perfil curvo realizado alrededor de la periferia en forma de láminas, placas, latas y tubos. El objetivo de esta operación es dotar a la pieza de una mayor resistencia a la deformación. [7]

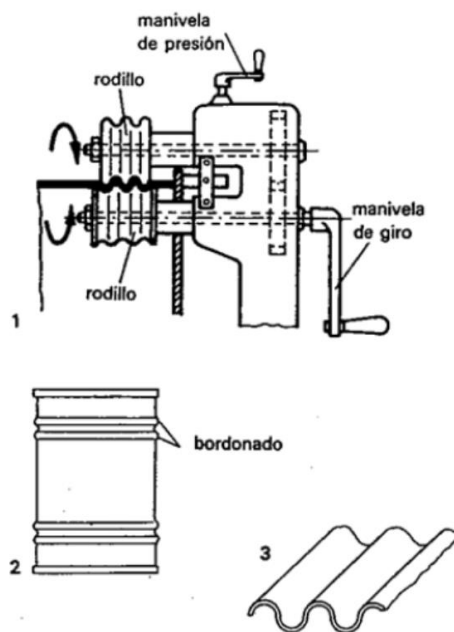


Figura 1. Máquina, bordonado de un bidón [7]

Uno de los principales objetivos de utilizar este proceso es el siguiente:

Seguridad: De esta forma, elimina los cantos o aristas vivas, ya que los filos cortados o mecanizados quedan afilados durante el proceso anterior. [7]

Estética: Su finalidad es eliminar el mal acabado superficial y las imperfecciones presentes en los bordes de la lámina, haciéndola más agradable a los consumidores y por ende un producto de mayor calidad y competitividad en el mercado. [7]

Junta: Se puede utilizar cuando la junta entre ellos no puede soportar un gran esfuerzo por lo que se puede compensar la junta preparando los bordes en lugar de soldar o utilizar otros procesos de unión similares [7].

Rigidez aumentada: Cuando una lámina de metal se graba en relieve en áreas específicas, aumenta su rigidez, haciéndola más resistente a la deformación. [7]

1.3.2. Tipos de bordonadoras

Existen distintos tipos de bordonadoras industriales para láminas.

- **Bordonadora - Plegadora**

Son máquinas diseñadas con la finalidad de plegar las chapas, además llevan a cabo distintos tipos de plegado como es el plegado al aire, el plegado a fondo, entre otros, siempre tomando en cuenta el espesor de la chapa. Estos tipos de bordonadoras se dividen dependiendo de la fuerza con la que reproducen el plegado, y a su vez con las distintas maneras o actuación de las fuerzas al momento de llevar a cabo el prensado. [8]

De igual manera, dichas máquinas tienen una estructura conformada por distintos elementos como el accionamiento mecánico y el hidráulico. Cada accionamiento dependerá exclusivamente del espesor de las láminas y el uso cotidiano. [8]



Figura 2. Máquina plegadora hidráulica [8]

- **Bordonadora – Cizalla**

Este tipo de bordonadora es una herramienta manual para cortar plástico, madera o chapa y papel. Asimismo, cuando el espesor de la chapa a cortar es muy grueso, se utiliza una cizalla accionada por un motor eléctrico. En este sentido, el funcionamiento de la máquina es muy similar al de las tijeras en que tiene dos filos de la hoja y estos se enfrentan para presionar sobre la superficie que cortarán hasta vencer la fuerza de tracción de la superficie cuando se cortan. En una cizalla manual, los movimientos de subida y bajada los realiza el operario. Sin embargo, también existen cizallas automáticas. [8]



Figura 3. Máquina cizalla manual [8]

- **Bordonadora - Punzonadora**

Este tipo de bordonadora es una máquina cuyo propósito es dar forma y perforar láminas de diferentes materiales mediante el uso de troqueles y punzones similares a una prensa. Estos punzones pueden ser automáticas, simples o complejas.

Las punzonadoras trabajan en forma de chapa, pero también trabajan a partir de bobinas, estas son más eficientes y ofrecen una gran flexibilidad. Tales máquinas se utilizan generalmente para la producción a gran escala del mismo material. [8]



Figura 4. Máquina punzonadora hidráulica [8]

- **Bordonadora – Chaflanadora**

Son las que se utilizan para realizar el biselado, operación que hace un chaflán en el corte o reducción de un filo. Los chaflanes se pueden usar en los extremos de los ejes o en los bordes internos, como las aberturas de los agujeros. [8]



Figura 5. Bordonadora – Chaflanadora [8]

1.3.3. Tipos de roldanas universales en bordonadoras

Las roldanas son juegos de herramientas las cuales permiten obtener el acabado necesario tanto en tapas, tanques, láminas según el usuario lo requiera.

Estos tipos de roldanas se clasifican según su el espesor y acabado superficial en los elementos a bordonar.

Generalmente las máquinas bordonadoras vienen con juegos de roldanas o rodillos, dependiendo el tamaño y el acabado que se desea realizar.

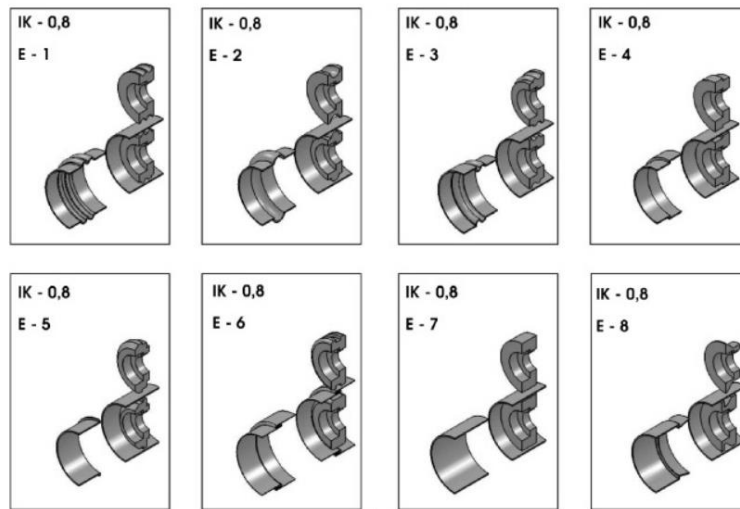


Figura 6. Tipos de roldanas de una bordonadora [9].

Podemos observar en la figura 6 existen 8 tipos diferentes de roldanas para el bordonado, estas roldanas son específicamente para un espesor de 0,8 mm en la maquina bordonadora.



Figura 7. Roldanas de 4mm. [10]

En la figura 7 podemos observar rodillo que pueden trabajar hasta con 4.0 mm de espesor, están fabricadas de material de acero al carbono de (48-55 Kg/mm²), posee movimientos del rodillo superior hidráulico además de un motor principal con reductor-freno y ejes montados sobre casquillos de bronce. [10]

1.3.4. Aplicaciones para rodillos de una bordonadora

- **Rodillos rebordeadores BC**

Aplicación:

Es típico en casquillos de extremo

Producción:

- Colocar el disco plano dentro y empujarlo contra el tope
- Bajar el rodillo superior hasta que toque el material
- Bajar más el rodillo superior lentamente y marcar un surco en el material
- Empujar el disco lentamente hasta la posición de 45 grados. [11]

Disponible para:

RAS 11.11 / 15 / 31 / 32 / 35, 12.11 / 31 / 35 / 60 / 65

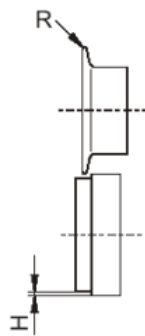


Figura 8. Rebordeadores BC. [11]

- **Rodillos de pliegue doble**

Aplicación:

Conexión de dos tubos

Un tubo tendrá un pliegue doble, el otro una pestaña. El diámetro exterior de la pestaña necesita ser menor que el diámetro interior del pliegue doble. Ambos tubos se encajarán. El pliegue doble necesita cerrarse manualmente en algunos puntos. Entonces todo el contorno del pliegue puede cerrarse en una operación aparte. [11]

Cierre del final de un tubo

Colocar un disco en el pliegue doble. Se debe cerrar el pliegue doble manualmente en algunos puntos. Entonces todo el contorno del pliegue puede cerrarse en otra operación. [11]

Producción:

- Colocar el tubo dentro y empujarlo contra el tope
- Bajar el rodillo superior hasta el tubo
- Bajar más el rodillo superior lentamente y marcar una línea de surco en el material.
- Bajar el rodillo superior paso a paso hasta acabar el pliegue. [11]

Disponible para:

RAS 11.11 / 15 / 31 / 32 / 35, 12.11 / 31 / 35 / 60 / 65

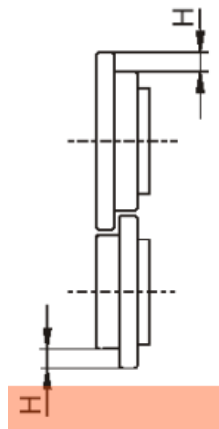


Figura 9. Rodillos de pliegue doble. [11]

- **Rodillos d4 reducción**

Aplicación:

Reducción del diámetro de un tubo

Reduciremos el diámetro del tubo ondulando el material. El tubo puede encajarse dentro de un segundo tubo del mismo diámetro que el original. [11]

Producción:

- Preparación: quitar la piedra de la ranura en un eje de modo que el rodillo pueda girar desconectado y libre.
- Colocar el tubo y empujarlo contra el tope
- Bajar el rodillo superior hasta el tubo
- Bajar más el rodillo superior lentamente y marcar una línea de surco en el material.
- Producir la profundidad de ondulado requerida con un ajuste paso a paso del rodillo superior. [11]

Disponible para:

RAS 11.11 / 15 / 31 / 32 / 35, 12.11 / 31 / 35 / 60 / 65

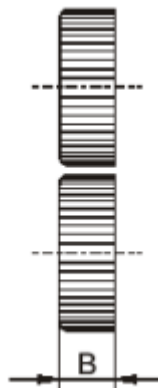


Figura 10. Reducción de rodillos con surco para chaveta [11]

- **Rodillos de reducción con tope**

Aplicación:

Reducción del diámetro de un tubo

Reduciremos el diámetro del tubo ondulando el material. El tubo puede encajarse dentro de un segundo tubo del mismo diámetro que el original. Al final del ondulado se usa un pliegue adicional como tope. [11]

Producción:

- Preparación: quitar la piedra de la ranura en un eje de modo que el rodillo pueda rotar desconectado y libre.
- Colocar el tubo y empujarlo contra el tope
- Bajar el rodillo superior hasta el tubo
- Bajar más el rodillo superior lentamente y marcar una línea de surco en el material.
- Producir la profundidad de ondulado requerida con un ajuste paso a paso del rodillo superior.
- Espesor máximo de 0,88 mm. [11]

Disponible para:

RAS 11.11 / 15 / 31 / 32 / 35, 12.11 / 31 / 35 / 60 / 65

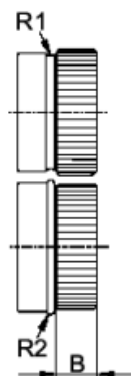


Figura 11. Rodillos de reducción con tope. [11]

- **Rodillos inclinados BD**

Aplicación:

Producción de una pestaña

Si se ha de hacer una pestaña en un tubo largo, estos rodillos son más favorables que los rodillos rebordeadores, ya que el tubo necesita llevarse sólo a una posición de 45°. Sólo para materiales ligeros y para pestañas de más de 90°. [11]

Producción:

- Colocar el tubo y empujarlo contra el tope
- Bajar el rodillo superior hasta el tubo
- Bajar más el rodillo superior lentamente y marcar una línea desurco en el material. Asegurarse de que el tubo toca con el tope todo el tiempo.
- Mover el tubo lentamente hacia arriba para finalizar el pliegue.
- Tope especial para rodillos inclinados BD. [11]

Disponible para:

RAS 11.11 / 15 / 31 / 32 / 35, 12.11 / 31 / 35 / 60 / 65

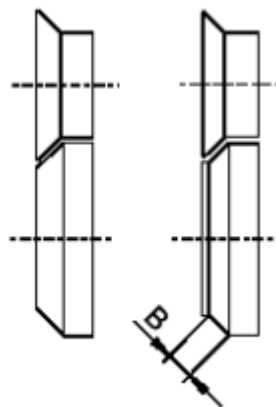


Figura 12. Rodillos inclinados BD. [11]

- **Rodillos lisos o estriados BB**

Aplicación:

Producción de una pestaña

La pestaña se puede usar como una pestaña de conexión, para una conexión de codo o para un casquillo de extremo. Hay rodillos lisos o estriados en función de los requerimientos de la superficie del material. [11]

Nota:

Rodillos moleteados = mayor velocidad de producción

Rodillos lisos = mejor acabado visual

Producción:

- Colocar el tubo y empujarlo contra el tope
 - Bajar el rodillo superior hasta el tubo
 - Bajar más el rodillo superior lentamente y marcar una línea de surco en el material
 - Mover el tubo lentamente hasta la posición de 90 grados para finalizar el pliegue.
- [11]

Disponible para:

RAS 11.35/15, 12.35, 12.65

RAS 12.31 / 12.60 placa de tope partida. [11]

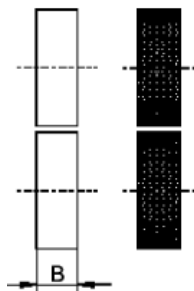


Figura 13. Rodillos lisos. [11]

- **Rodillos plegadores S**

Aplicación:

Preparar una conexión entre dos tubos

- Pliegue de tope para conexión entre tubos
- Fortalecer el final de un tubo
- Pliegue de seguridad al final de un tubo (semi luna)

Preparar el final de un tubo para una entrada de alambre

- El pliegue se completará usando los rodillos de cierre para alambres. [11]

Producción:

- Colocar el tubo y empujar contra el tope
- Bajar el rodillo superior hasta el tubo
- Bajar más el rodillo superior lentamente y marcar una línea de surco en el material
- Finalizar el pliegue bajando el rodillo superior paso a paso. [11]

Disponible para: RAS 11.35/15, 12.35, 12.65 ninguno

RAS 12.31 / 12.60 placa de tope partida (a veces tope grande dependiendo de la aplicación)

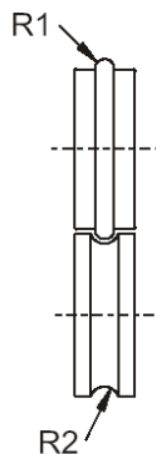


Figura 14 Rodillos plegadores S. [11]

1.2 Normativa de seguridad

Para la elaboración del proyecto se debe tomar en cuenta normativas de seguridad y diseño mecánico los cuales nos dan parámetros para la ejecución correcta de la bordonadora, con la finalidad de que sean seguros y eficaces.

A continuación, se detalla las normas técnicas que se deben cumplir:

La norma “NTE INEN 1 623:2009” establece los requisitos que deben cumplir los perfiles conformados en frío de acero estructural al carbono y acero de alta resistencia y baja aleación, la misma que permite el correcto diseño mecánico y optimización de recursos. [12]

La norma “NTE INEN 134:2009” tiene por objeto establecer el método para determinar la capacidad de los tubos metálicos de sección transversal circular para soportar la deformación plástica durante el ensayo de doblado. [13]

La norma “NTE INEN 122:2013” tiene por objeto establecer el método para el ensayo de doblado para planchas cuyo espesor es menor o igual a 3mm. [14]

“ISO 12100:2-2:2003” La finalidad principal de la Norma ISO 12100 es que los diseñadores dispongan de una estructura y una guía general que les permita producir máquinas que sean seguras para el uso previsto. [15]

1.3 Deformación metálica

Hay dos tipos básicos de deformación de metales, deformación en frío y deformación en caliente. Aunque existen diferentes subtipos dentro de estos grupos. Cada uno de estos procesos da como resultado que ciertas propiedades del metal sean diferentes. [16]

Deformación en frío

Este método de deformación del metal sirve para obtener una mayor precisión en la forma deseada, su ángulo (en el caso de doblado de chapa) o el tamaño de la deformación. Además, el acabado de la superficie es mejor, más detallado y agradable estéticamente. [16]

Otras características de la deformación del metal en frío son sus menores tolerancias y su mayor parte de dureza. El resultado es una pieza o estructura resistente y duradera con un buen acabado. [16]

Procesos de deformación en frío

- **Laminación en frío**

Es un proceso coincidente al de laminación en caliente: omitimos el calentamiento del material, pero de la misma manera conlleva a que la capacidad de deformación sea mucho menor. [17]

Además, se adquieren mejores acabados tanto la parte superficial como en dimensiones y un aumento de precisión. [17]

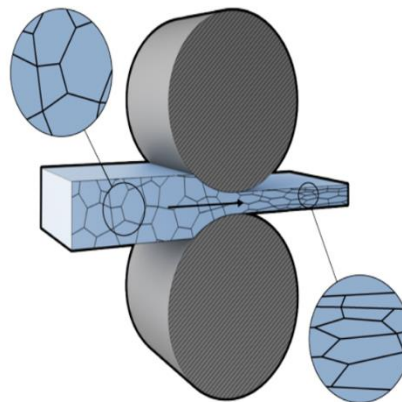


Figura 15. Laminado en frío. [17]

- **Estampación en frío**

Se inserta la chapa entre dos matrices y se deforma mediante golpe de prensa, en uno o varios pasos progresivamente. De esta manera se elaboran gran parte de los componentes metálicos de las carrocerías en los coches. [17]

En estampación en frío, las características mecánicas del producto son mejores, como en la estampación en caliente o forja, pero con una mayor precisión y calidad superficial. [17]

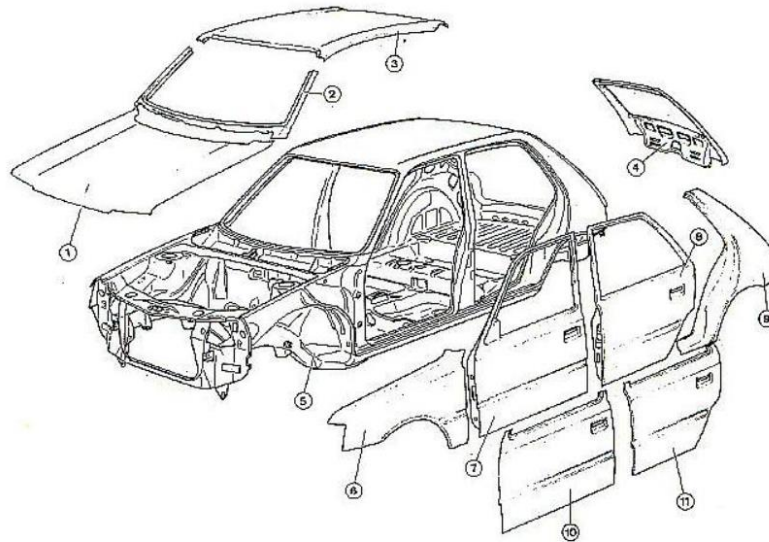


Figura 16. Estampación en carrocería de un coche. [17]

- **Extrusión en frío**

De la misma manera que en otros procedimientos, en frío estamos restringidos en la deformación a conseguir, por lo que se aprovecha en materiales dúctiles (plomo, estaño, aluminio, cobre,) y mejora la precisión tanto como la calidad superficial. [17]

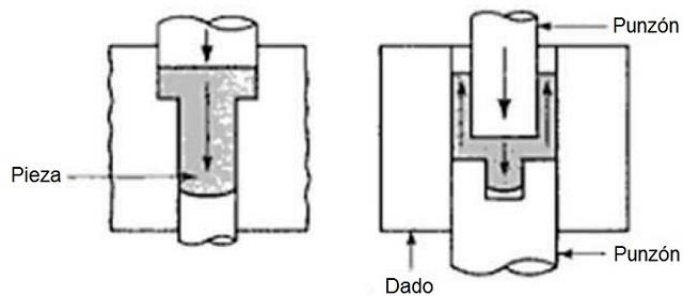


Figura 17. Extrusión en frío [17]

- **Doblado y curvado**

La flexión del metal es la deformación de una lámina alrededor de un ángulo. Los ángulos se pueden clasificar como abiertos (si tienen más de 90°), cerrados (menos de

90°) o rectos. Durante el funcionamiento, las fibras exteriores del material están en tensión, mientras que las fibras interiores están en compresión. La flexión no cambia significativamente el grosor de la chapa. En la mayoría de los casos, la flexión implica la deformación de una lámina o tubo de metal para que forme un ángulo con respecto a un eje recto. Los pliegues vienen en diferentes formas, las más comunes son: pliegues intermedios y pliegues deslizantes. [18]

La lámina, el tubo o el alambre se deforman entre el punzón y la matriz. Si la deformación tiene un radio de curvatura pequeño, se llama plegamiento, y si la deformación es grande, se llama flexión. [18]



Figura 18. Doblado en frío. [18]

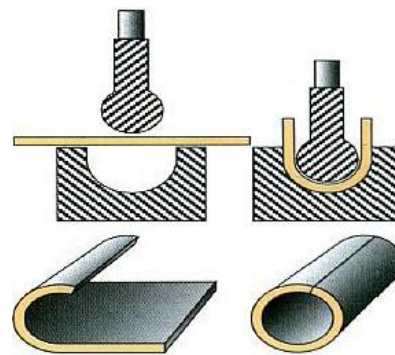


Figura 19. Curvado en frío. [18]

- **Embutición**

El embutido consiste en colocar una hoja de metal en un troquel y luego presionarla en una cavidad con la ayuda de un punzón que tiene la forma de la hoja que se formará. El número de pasos de dibujo depende de la relación entre el tamaño del disco y el tamaño de la parte dibujada, la facilidad de dibujo, el material y el espesor de la hoja. Es decir, cuanto más compleja es la forma, más es la profundidad requerida y más etapas implica el proceso. [18]



Figura 20. Embutición de distintas herramientas. [18]

- **Trefilado**

Consiste en reducir de manera progresiva la sección de un alambre o varilla (usualmente de menos de 6 mm de diámetro) haciéndolo pasar mediante tracción por un orificio con la sección esperada. [18]

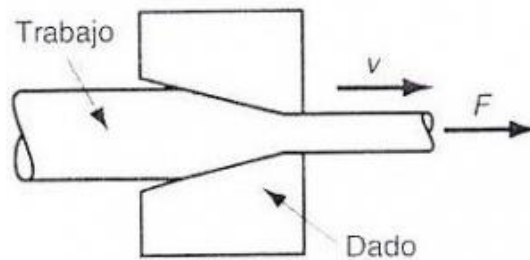


Figura 21 Proceso de trefilado. [18]

1.1.1 Deformación plástica

La deformación es indeleble e irreversible debido a que se encuentra sumiso a tensiones por encima de su rango elástico. La deformación plástica origina cambios significativos en las propiedades de los materiales, todo dependiendo de la temperatura a la cual se efectúa la deformación. [19]

1.1.1 Deformación elástica

La deformación es mudable, el metal rescata su forma original al quitar las fuerzas exteriores que actúan ya que los átomos no han aprehendido nuevas posiciones de proporción.[19]

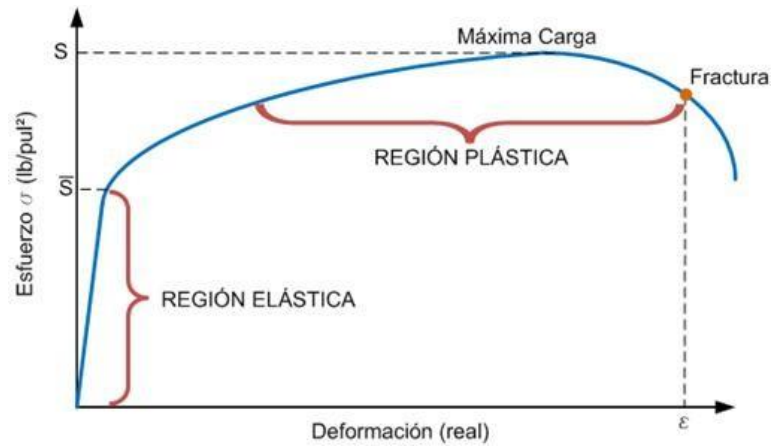


Figura 22. Curva de esfuerzo vs deformación. [19]

1.1.1 Características de la deformación en frío

- La resistencia a la tracción, el límite elástico y la dureza aumentan, mientras que la ductilidad, expresada como elongación, disminuye.
- La distorsión de la estructura reticular impide el flujo de electrones y reduce la conductividad
- El aumento de la energía interna, especialmente en los límites de los granos, hace que el material sea más susceptible a la corrosión intergranular, lo que reduce la resistencia a la corrosión.
- Los efectos de la deformación en frío pueden reducirse o eliminarse mediante tratamiento térmico.
- El material trabajado en frío puede tener tolerancias estrechas y por ende requiere más fuerza para deformarse, por lo tanto, es más costoso de producir. [20]

Ventajas

- Mayor precisión, tolerancias más estrictas.
- Mejor acabado superficial.
- Mayor resistencia y rigidez.
- Direccionalidad de las propiedades mecánicas.

- Se obtienen mayores velocidades de producción. [20]

Desventajas

- Requiere aplicaciones con mayor precisión que el mecanizado térmico.
- Requiere más potencia y por lo tanto un equipo más grande.
- Cuanto más dúctil sea el metal, menos probable es que se trabaje en frío.
- Las superficies metálicas deben inspeccionarse para detectar suciedad antes de comenzar el trabajo en frío. [20]

1.4 Método de elementos finitos

El principio de FEM (método de elementos finitos) es un número finito de partes, "elementos", cuyo comportamiento está especificado por un número finito de parámetros asociados con ciertos puntos característicos llamados "nodos". Estos nodos son los puntos de conexión de cada elemento con sus vecinos. [21]

Por tanto, el método de los elementos finitos se basa en transformar objetos de naturaleza continua en modelos discretos aproximados, lo que se denomina discretización del modelo. Al interpolar valores conocidos en los nodos, se puede obtener conocimiento sobre lo que sucede dentro de este modelo aproximado del cuerpo humano. Por lo tanto, es una aproximación del valor de la función basada en el conocimiento de un número determinado y finito de puntos. [21]

En definitiva, con este método, en lugar de obtener una solución exacta de una variable que se ajuste a un sistema de ecuaciones diferenciales, se obtiene una aproximación de dicha variable en determinados puntos (nodos), y luego se estiman el resto de las variables más relevantes. [21]

Por lo general, en los cálculos mecánicos, el análisis de elementos finitos se realiza mediante un programa computacional para calcular el campo de desplazamiento, y luego mediante relaciones cinemáticas y constitutivas, respectivamente, para calcular la deformación y la tensión, cuando se trata de problemas de mecánica de sólidos deformables o problemas más generales o de mecánica de Medios Continuos. [21]

El método de elementos finitos se usa ampliamente debido a su versatilidad y facilidad de introducción en dominios computacionales complejos (ya sea 2D o 3D). Además, el método es fácilmente aplicable a problemas de transferencia de calor, cálculo hidrodinámico de campos de velocidad y presión (dinámica de fluidos computacional, CFD) o campos electromagnéticos. Dado que es prácticamente imposible encontrar soluciones analíticas a estos problemas, los métodos numéricos, especialmente los métodos de elementos finitos, a menudo se convierten en los únicos métodos de cálculo viables en la práctica de la ingeniería. [21]

Finalmente, se enfatiza la importancia de este enfoque cuando se abordan problemas altamente no lineales con contacto, deformación, estrés y efectos dinámicos entre componentes. [21]

A continuación, se muestra en la Figura 23 un esquema con los pasos a seguir para un correcto análisis por elementos finitos.

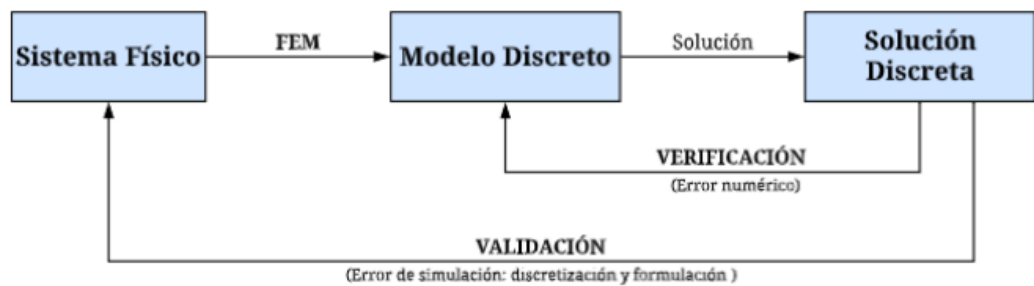


Figura 23. Esquema del uso del método de elementos finitos. [21]

1.1.1 Aplicación del método

Una forma de entender este método es la aplicación de placas de tensión planas. Desde un punto de vista estructural, FEM puede entenderse como una extensión del cálculo matricial de estructuras al análisis de sistemas continuos. [21]

1.1.2 Análisis no lineal

El análisis no lineal es un análisis que considera el comportamiento tensión-deformación y la no linealidad geométrica de los materiales y excluye directamente el principio de superposición. [21]

1.1.3 Análisis dinámico no lineal

Los métodos de análisis dinámico no lineal generalmente proporcionan modelos más ajustados de la respuesta estructural para fuertes movimientos sísmicos. [21]

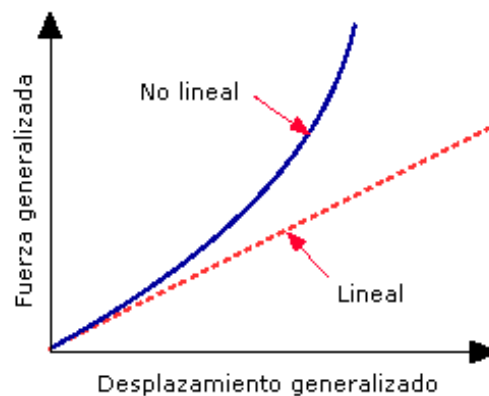


Figura 24. Análisis dinámico lineal y no lineal. [21]

1.1.4 Calidad de Malla

La calidad de la malla juega un papel importante en la estabilidad y precisión de los cálculos numéricos. Algunas propiedades relacionadas con la calidad de la malla son, por ejemplo, la densidad y distribución de los nodos, la suavidad, las esquinas, la relación de aspecto, etc. [22]

La creación de una malla de forma perfecta con tetraedros uniformes requiere longitudes de borde idénticas en todos los lados. Completar esta tarea en cualquier geometría dada es imposible debido a los muchos lados curvos y espacios en las capas que requieren cálculos de precisión. Además, los bordes que se ramifican en ángulos pequeños o largos sin una longitud igual son difíciles de lograr. [22]

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Tanques y láminas a bordonar

Los tanques y láminas que se van a bordonar deben ser de un espesor máximo de 3 mm y correspondiente al material de acero inoxidable AISI 304, este tipo de material es el más utilizado en la empresa INOX-TEC en la fabricación de las estructuras en los tanques de almacenamiento de agua y otros tipos de fluidos. [23]

2.1.2 Propiedades del material a utilizar

1. Composición Química

Tabla 1. Propiedades Químicas del acero AISI 304

Composición %.						
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr
0,08	1	2	0,04	0,03	8 – 10,5	18 - 20

Fuente: [24]

2. Composición Mecánica

Tabla 2. Propiedades mecánicas del acero AISI 304

Composición %.						
Resistencia Mecánica		Punto de Fluencia		Elongación	Pruebas de Dureza	
Kg/mm²	Psi	Kg/mm²	Psi		ROCKWELL	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

Fuente: [24]

2.1.3 Materiales en los rodillos.

En una máquina bordonadora, los rodillos son uno de los elementos más importantes en términos de vida útil y costos. Por lo tanto, el material preferido para su fabricación es el acero AISI 1018, o simplemente AISI 1045 tratado térmicamente, si los rodillos generan un esfuerzo extremo se puede utilizar acero AISI 4340 o acero con propiedades similares ya que los rodillos están en constante contacto con el material y por ende su desgaste es mayor, además deben ser diseñado para ser reemplazado fácil y rápidamente. [25]

Tabla 3. Propiedades mecánicas del acero AISI 1045

AISI 1045						
Resistencia Mecánica		Punto de Fluencia		Elongación Min. %	Pruebas de Dureza	
Kg/mm ²	MPa	Kg/mm ²	MPa		ROCKWELL	VICKERS
60,7	637,7	42,2	413,8	23	-	-

Fuente: [24]

Tabla 4. Propiedades mecánicas del acero AISI 1018

AISI 1018						
Resistencia Mecánica		Punto de Fluencia		Elongación Min. %	Pruebas de Dureza	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		BRINELL	VICKERS
59,7	64000	49,2	54000	28	167	-

Fuente: [24]

2.2 Sistema Hidráulico en las máquinas bordonadoras

Actualmente, el uso de sistemas hidráulicos en las máquinas ha incrementado debido a su alta precisión y flexibilidad, el rápido aumento de la inversión, además de ser muy precisas, suaves y con sistemas fáciles de operar. Posee una relación peso-potencia que los hace ideales para muchos tipos de trabajos. Se sabe que los sistemas hidráulicos suelen trabajar en el rango de presión de 1 a 35 MPa, sin embargo, en casos especiales de trabajo, se sabe que las máquinas trabajan a presiones de hasta 70 MPa. [26]

2.3 Partes de una máquina bordonadora hidráulica

Una máquina bordonadora hidráulica se integra de cuatro sistemas principales que son: Mecanismo, Sistema hidráulico, Sistema eléctrico y estructura, cada uno de los mismos está constituido por diferentes elementos alternos. [26]

2.3.1 Sistema Mecánico

El sistema mecánico está constituido por varios elementos que hacen posible la transmitir la potencia proporcionada por el sistema hidráulico, para realizar el bordonado en los tanques y láminas de acero inoxidable. Los elementos a continuación conforman el sistema mecánico de la máquina: ejes, rodamientos, elementos de sujeción, rodillos deformadores, piñones. [27]

a) Ejes

Los ejes pueden ser fijos o móviles. En caso de nuestra maquina utilizaremos 2 ejes móviles, ya que por definición son aquellos elementos rotatorios que giran en forma solidaria a aquellos elementos de máquinas que soporta, son encargados de transmitir potencia, generalmente los ejes son de sección transversal circular. [28]

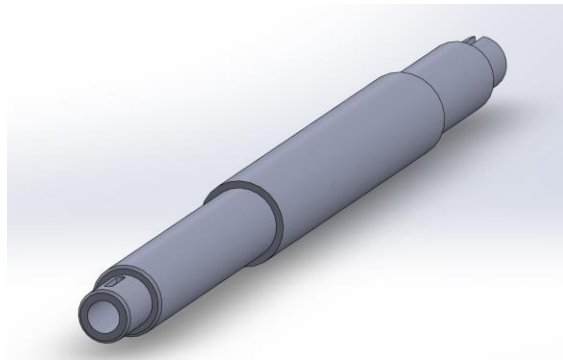


Figura 25. Eje superior de la máquina bordonadora

b) Rodillos deformadores

La forma del rodillo deformador depende del contorno a doblar, especialmente de la forma y tamaño de la sección transversal. Además, su diseño depende del material a

bordonar, la velocidad de rotación del eje y la carga aplicada para deformar plásticamente el material. [28]

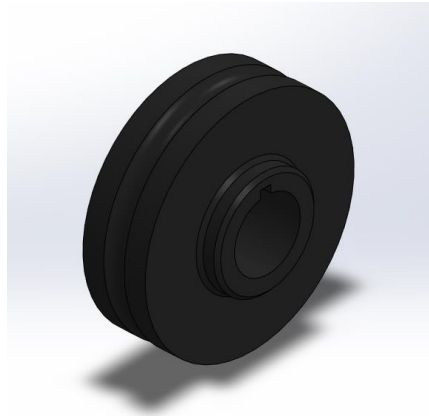


Figura 26. Rodillo deformador liso

c) Elementos de sujeción

La función principal de estos elementos es fijar o conectar las partes que componen el mecanismo y otras partes de la máquina, estos elementos pueden ser pernos, chavetas, pasadores, prisioneros, remaches, soldaduras y adhesivos, uniones no permanentes, con estos elementos puede facilitar el desmontaje de las máquinas para su posterior mantenimiento. [29]

2.1.1 Sistema eléctrico

El sistema es la combinación de elementos que controlan el accionamiento de la máquina, desde la activación del motor hasta el sistema de control automático de la máquina. Un sistema eléctrico tiene al menos fusibles, contactores, relés térmicos, interruptores y motores. [29]

a) Fusibles

Los fusibles son pequeños dispositivos de seguridad que forman parte de las instalaciones eléctricas y se funden cuando la corriente alcanza un cierto valor excesivo. Consisten en láminas o filamentos hechos de aleaciones o metales conocidos por sus bajos puntos de fusión. [29]



Figura 27. Fusible

b) Relé térmico

Es un dispositivo electromecánico diseñado para proteger motores eléctricos. Está diseñado para brindar durabilidad a los motores industriales, evitando que estos se sobrecarguen o sobrecalienten. [29]



Figura 28. Relé térmico

c) Contactor

Un contactor es un dispositivo eléctrico que cierra o abre una carga o un circuito descargado, donde la intervención de una carga de corriente puede tener algunos efectos adversos en la persona que la activa, por ejemplo, en la operación de apertura y cierre de una instalación de motor. [29]

d) Interruptor

Un interruptor es un dispositivo eléctrico que nos permite realizar una función de encendido/apagado mediante un comando. Su funcionamiento consiste en permitir o no el paso de corriente en el circuito. [29]

e) Motor eléctrico

Un motor eléctrico es una máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica. Los motores pueden hacer esto gracias al campo magnético generado por las bobinas internas del motor. [29]

2.3.3 Sistema Hidráulico

El sistema hidráulico es una combinación de elementos que pueden deformar permanentemente la pieza de trabajo empujando una varilla bajo cierta presión y fuerza para hacer girar el matriz. La figura 29 muestra los elementos básicos del sistema hidráulico. Un sistema hidráulico básico consta de: tanque de aceite, bomba, actuador hidráulico, tubería, manguera de presión, válvula de control y válvula de presión, etc. [30]

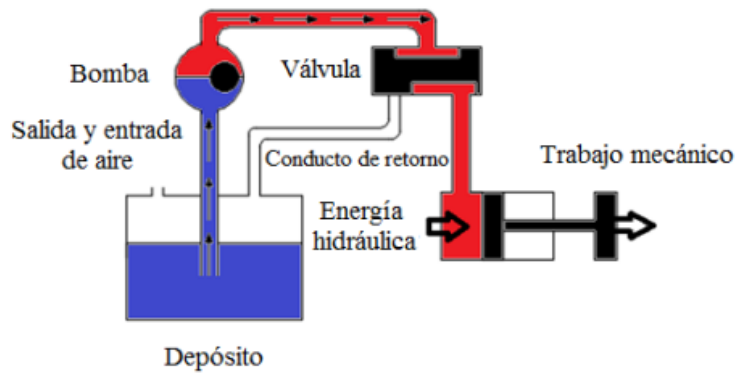


Figura 29. Sistema hidráulico básico [6]

a) Tanque de aceite (depósito)

Es un recipiente con ciertas funciones, tales como: almacenamiento de aceite hidráulico, elimina el calor, elimina las impurezas y separa el fluido del aire, también debe aliviar la presión del fluido hidráulico o compensar las fugas cuando el sistema lo requiera. [6]

b) Bomba hidráulica

Convierte la energía mecánica proporcionada por el motor eléctrico en energía hidráulica. Las bombas más utilizadas en los sistemas hidráulicos son las bombas de desplazamiento positivo y de desplazamiento volumétrico. [6]

c) Actuador hidráulico

Un actuador hidráulico es el componente final de un circuito hidráulico. Son los encargados de convertir la energía hidráulica proporcionada por la central hidráulica

en potencia y movimiento. El diseño del paquete de energía hidráulica permite que los actuadores hidráulicos realicen el proceso correctamente. Está diseñado para que este proceso sea lineal o rotativo. [6]

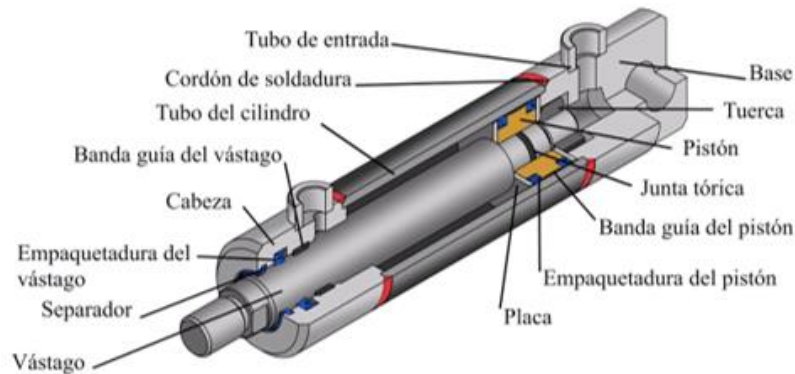


Figura 30. Partes de un actuador hidráulico simple [31]

Ventajas de los actuadores hidráulicos

- Los actuadores se pueden ubicar lejos de bombas y circuitos, estaciones hidráulicas sin pérdida de fuerza.
- Pueden generar más energía con equipos menos pesados que los actuadores neumáticos o eléctricos.
- Pueden realizar fuerzas superiores, disponiendo de dispositivos del mismo tamaño que otras energías como la neumática, capaces de realizar más de 20 veces la fuerza respecto a la neumática.
- Los actuadores hidráulicos pueden soportar presiones de hasta 4000 psi. [31]

Ventajas de los actuadores hidráulicos

- Los actuadores y los circuitos hidráulicos suelen tener algunas pequeñas fugas de aceite hidráulico en determinadas partes del circuito (como juntas, empalmes, válvulas). Esto crea pequeñas pérdidas de eficiencia, generalmente insignificantes, ya que pasan desapercibidas en el proceso final, pero lo más importante es que conduce a la degradación de los componentes y al ensuciamiento del área.

- Para realizar movimientos lineales o rotativos, se necesita una gran cantidad de componentes que forman parte del circuito hidráulico, como centrales hidráulicas, bombas, depósitos, válvulas, etc. Debe colocarse no lejos del área de trabajo. El ruido es otra desventaja, ya que los circuitos hidráulicos tienden a ser más ruidosos que los actuadores eléctricos y neumáticos. [31]

d) Conductos de presión

Los conductos son cruciales ya que todos los elementos del sistema están conectados a través de ellos, pueden ser rígidas como tuberías o puedes encontrar diferentes tuberías o mangueras flexibles. El fluido fluye de la bomba a los cilindros y regresa al tanque a través de tuberías, que deben instalarse de manera que se minimicen las pérdidas. [31]

e) Fluido hidráulico

Es un elemento esencial en un sistema hidráulico que transmite potencia al actuador donde se convierte en fuerza o movimiento lineal. La función del fluido hidráulico es muy importante y debe reunir las mejores características para garantizar el correcto funcionamiento de todo el sistema, incluidas las propiedades que se deben considerar al seleccionar un fluido son:

- Buena viscosidad, amplio rango de temperatura, generalmente de -70°C a $+80^{\circ}\text{C}$.
- No debe ser inflamable
- No corrosivo
- Eficiente disipador de calor
- Incompresible en un amplio rango de presión
- Alta lubricidad en metales y caucho.

f) Válvulas de control

Estos dispositivos se utilizan para mover el pistón de un extremo de su carrera al otro dentro del cilindro, cambiando así el flujo del fluido hidráulico. Según su aplicación, regulan o determinan el valor de presión o caudal, mientras que otros están limitados para interconectar tuberías, los circuitos hidráulicos son controlados por estos dispositivos. [31]

g) Filtros

Un filtro es un elemento integral en un sistema hidráulico ya que protege todos los componentes del circuito, algunos de los cuales son costosos, manteniendo la limpieza en línea del fluido de trabajo. Se utilizan en las líneas de aspiración, presión y retorno de las bombas. [31]

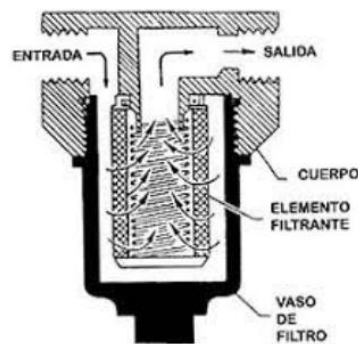


Figura 31. Partes de un filtro simple [31]

2.3.4 Estructura

2.3.4.1 Tubo estructural ASTM A-500

Posee diferentes presentaciones, entre las que tenemos: cuadradas, rectangulares redondas, son elaboradas en acero estructural al carbono. Regularmente se utilizan para hacer edificios estructurales. En las mismas se pueden desarrollar procesos tales como de soldadura, remachado o atornillado, la siguiente tabla muestra las propiedades mecánicas del tubo estructural ASTM A-500. [6]

Tabla 5 Propiedades mecánicas del tubo estructural ASTM A-500

ASTM A-500			
Resistencia Mecánica		Punto de Fluencia	
Kg/mm^2	MPa	Kg/mm^2	MPa
60,7	3235	4360	430

Fuente: [24]

2.3.5 Interruptores de encendido y apagado

Es un dispositivo eléctrico que nos permite realizar una función de encendido o apagado por mando. Su función es dejar pasar o no la corriente del circuito. Mecánicamente está compuesto por dos contactores y un balancín. Al pulsarlo obtenemos el efecto de encendido o apagado según sea el caso. [32]

2.3.6 Botón de paro de emergencia

Es un interruptor a prueba de fallos, es utilizado para tener una mayor seguridad en las maquinarias para las personas que las operan, su función es detener de manera inmediata una maquina cuando existe un riesgo de lesión o es necesario detener la fluidez del trabajo. Toda máquina debe poseer este elemento. Existen tres tipos:

- Empuje - Tracción: se pulsa para accionar y se suelta tirando del mismo.
- Liberación por giro: se pulsa para accionar y se libera girando.
- Liberación con llave: se pulsa para accionar y se libera con una llave [32]

2.4 Criterios para el diseño de los elementos

2.4.1 Motor eléctrico

En una máquina bordonadora de tanques, el motor eléctrico es fundamental en el accionamiento de los mecanismos necesarios para realizar el proceso de bordonado. El motor proporciona la potencia y el movimiento necesario para hacer funcionar los componentes de la máquina, como el sistema de prensado y el sistema de accionamiento de los rodillos. [33]

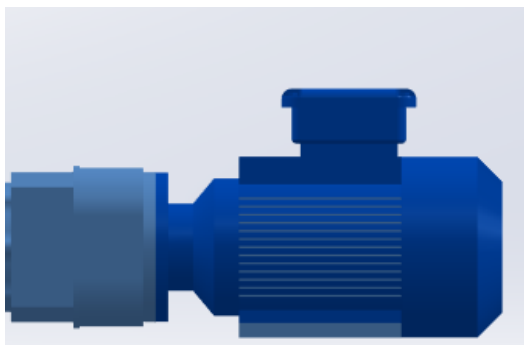


Figura 32 Motor eléctrico

Fuente: Autor

La potencia del motor eléctrico utilizado dependerá de varios factores, incluyendo el tamaño y espesor de las láminas metálicas que se van a bordonar, el tipo de material utilizado y las características del proceso de bordonado en sí. [33]

Es importante seleccionar un motor con la potencia adecuada para garantizar que la máquina funcione de manera eficiente y pueda realizar el bordonado de manera efectiva. El motor debe ser capaz de proporcionar suficiente torque (par motor) para superar las resistencias presentes en el proceso, como el espesor del material y las fuerzas de deformación. [33]

Para determinar la potencia del motor eléctrico es necesario considerar el análisis y diseño específico de la máquina, así como las condiciones de operación deseadas. Se debe tener en claro las especificaciones y recomendaciones de la máquina para que de manera precisa se obtenga el motor adecuado para la aplicación de la misma. [33]

En resumen, el motor eléctrico en una máquina bordonadora de tanques proporciona la potencia necesaria para accionar los mecanismos de la máquina y llevar a cabo el proceso de bordonado. La potencia del motor dependerá de varios factores relacionados con la aplicación y de esta forma seleccionar un motor adecuado para garantizar un funcionamiento eficiente y efectivo de la máquina. [33]

Las características de carga en un motor eléctrico son fundamentales, en este caso el motor responde y se comporta bajo diferentes condiciones de carga. Estas características son importantes para comprender el rendimiento y la eficiencia del motor en diversas aplicaciones. A continuación, se describen algunas características de carga comunes en los motores eléctricos:

Par motor nominal: Es el par máximo que un motor puede generar de manera continua sin sobrecalentarse. Esta es una medida de la capacidad del motor para proporcionar fuerza o torque en su eje de salida. El par motor nominal se especifica por el fabricante y es importante considerarlo al seleccionar un motor para una aplicación determinada. [34]

Curva de par-carga: Muestra la relación entre el par motor desarrollado y la carga aplicada al motor. Generalmente, a medida que aumenta la carga, el par motor necesario también aumenta. La curva de par-carga puede variar según el tipo de motor y su diseño. [34]

Velocidad nominal: Es la velocidad a la cual un motor está diseñado para funcionar de manera óptima bajo carga nominal. La velocidad nominal también se especifica por el fabricante y puede afectar la eficiencia y el rendimiento del motor en diferentes aplicaciones. [34]

Eficiencia: La eficiencia de un motor eléctrico es la relación entre la potencia de salida útil y la potencia de entrada. La eficiencia generalmente disminuye a medida que aumenta la carga en el motor. Es importante considerar la eficiencia del motor al seleccionarlo, ya que una mayor eficiencia implica un menor consumo de energía y una mejor utilización de la potencia suministrada. [34]

Factor de potencia: El factor de potencia indica la eficiencia con la que un motor convierte la potencia eléctrica en potencia mecánica útil. Un factor de potencia cercano a 1 indica una alta eficiencia en la conversión de energía. [34]

Sobrecarga: Algunos motores están diseñados para manejar cargas de sobrecarga temporales. Esto significa que pueden proporcionar un par motor mayor al nominal durante un período corto de tiempo sin sufrir daños. Las características de sobrecarga pueden ser importantes en aplicaciones donde se requiere una mayor potencia durante arranques o situaciones de carga elevada. [34]

2.4.2 Dimensionamiento de los ejes

El dimensionamiento de los ejes en una máquina bordonadora de tanques es un aspecto crucial para garantizar la resistencia, rigidez y durabilidad del sistema. Los ejes están

expuestos a cargas significativas debido a las fuerzas de deformación y la presión ejercida durante el proceso de bordonado.

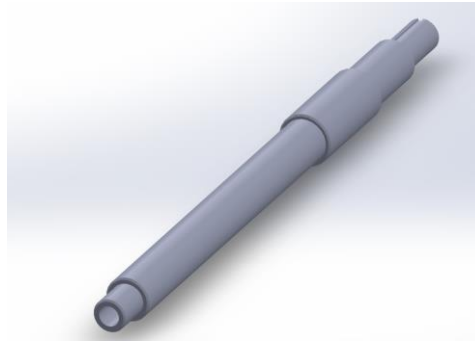


Figura 33 Eje superior

Fuente: Autor

Para realizar un correcto dimensionamiento de los ejes se deben considerar las siguientes características:

Carga aplicada: Se determina la carga máxima que se aplicará al eje durante el proceso de bordonado. Esto incluye el par motor necesario para realizar el doblado del material, así como las fuerzas de compresión y flexión asociadas con el proceso. Además, se debe tener en cuenta el espesor y el material de las láminas a bordear, así como la geometría y características específicas del bordonado. [35]

Material del eje: Un material adecuado para los ejes debe ser capaz de soportar las cargas aplicadas y resistir la fatiga y el desgaste. Los aceros de alta resistencia, como el acero aleado o el acero inoxidable, son opciones comunes debido a su resistencia y tenacidad. También se debe considerar la posibilidad de recubrir o endurecer las superficies de los ejes para mejorar su resistencia y durabilidad [35].

Diámetro y longitud del eje: El diámetro del eje debe ser lo suficientemente grande para soportar las cargas aplicadas sin deformarse excesivamente. Además, la longitud del eje debe ser adecuada para garantizar la rigidez y evitar la flexión excesiva. Se deben realizar cálculos de resistencia de materiales para determinar el diámetro y la longitud óptimos del eje, considerando la carga aplicada y las propiedades del material. [35]

Cojinetes y soportes: Seleccionar cojinetes y soportes adecuados para los ejes, que soporten las cargas aplicadas y de esta manera puedan proporcionar un funcionamiento

suave. Los cojinetes de rodillos o de bolas son comunes en aplicaciones de alta carga y velocidad. Se debe establecer también los sistemas de lubricación y sellado para prolongar la vida útil de los cojinetes y reducir la fricción. [35]

2.4.3 Engranajes y Piñones

Para el cálculo de los engranajes y piñones, se deben determinar las dimensiones y características ideales de los elementos de transmisión para garantizar un funcionamiento eficiente y duradero del sistema. [36]

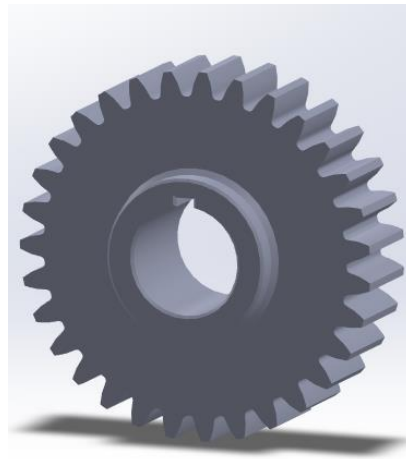


Figura 34 Piñón

Fuente: Autor

Tomamos en cuenta las siguientes características para una buena elección de los mismos:

Relación de transmisión: Determinar la relación de transmisión requerida para la máquina bordonadora. Esta relación define la relación de velocidad entre el eje del motor y el eje del rodillo o la herramienta de bordonado. Debe basarse en los requisitos de la aplicación y la velocidad deseada de la herramienta de bordonado. [36]

Tamaño y tipo de los engranajes: Seleccionar el tamaño y tipo de engranajes que se ajusten a la relación de transmisión requerida. Existen diferentes tipos de engranajes disponibles, como engranajes rectos, helicoidales o cónicos, y la elección dependerá de la aplicación específica. Los engranajes deben ser lo suficientemente resistentes para soportar las cargas y transmitir el par adecuado durante el proceso de bordonado. [36]

Cálculo del número de dientes: Calcular el número de dientes de los engranajes y piñones. El número de dientes afecta la relación de transmisión y la velocidad de los elementos de transmisión. Es indispensable seleccionar un número de dientes ideal para evitar el deslizamiento y de esta forma garantizar una transmisión de potencia suave y eficiente. Se deben utilizar fórmulas específicas y normas de diseño para calcular el número de dientes óptimo según el tipo de engranaje seleccionado. [36]

Verificación de la geometría y la resistencia: Realizar verificaciones de diseño para garantizar que la geometría y las dimensiones de los engranajes y piñones cumplan con los requisitos de resistencia y rigidez. Esto implica calcular el módulo, ancho de los dientes, diámetro primitivo y otros parámetros geométricos según las normas y criterios de diseño aplicables. Además, verificar que los materiales seleccionados sean adecuados para soportar las cargas y minimizar el desgaste. [36]

2.4.4 Rodamientos

Para determinar los rodamientos adecuados en los ejes se deben considerar varios factores, como la carga aplicada, la velocidad de rotación, la vida útil requerida y las condiciones ambientales. [37]

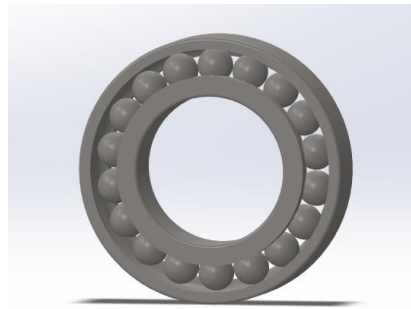


Figura 35: Rodamiento de bola

Fuente: Autor

Se deben tomar en cuenta las siguientes características:

Carga aplicada: Determinar la carga máxima que se aplicará a los ejes. Esto incluye tanto la carga estática (peso del equipo, fuerzas de compresión) como la carga dinámica (fuerzas durante el bordonado). Se debe considerar las fuerzas radiales y

axiales que actúan sobre los ejes para seleccionar rodamientos capaces de soportar estas cargas. [37]

Velocidad de rotación: Calcular la velocidad de rotación de los ejes en la máquina bordonadora. La velocidad afectará la selección de los rodamientos, ya que deben ser capaces de funcionar de manera eficiente a esa velocidad específica. Se debe considerar la velocidad máxima y la velocidad media para elegir los rodamientos adecuados. [37]

Vida útil requerida: Determinar la vida útil deseada de los rodamientos. La vida útil de los rodamientos consiste en el número de horas o ciclos de rotación esperados antes de que ocurra el fallo. Esto depende de la aplicación y puede variar. Los fabricantes de rodamientos proporcionan datos de vida útil en sus catálogos, que se basan en condiciones específicas de carga y velocidad. Se debe seleccionar rodamientos que tengan una vida útil adecuada para la aplicación deseada. [37]

Condiciones ambientales: Considerar las condiciones ambientales en las que operará la máquina bordonadora. Factores como la temperatura, la humedad, la presencia de polvo o suciedad pueden afectar la selección de los rodamientos. Se debe asegurar el elegir rodamientos adecuados para soportar las condiciones ambientales en las que operará la máquina. [37]

Catálogo del fabricante: Una vez obtenidos los datos de carga, velocidad y vida útil requerida, procedemos con los catálogos de fabricantes de rodamientos. Los catálogos proporcionaran información detallada sobre las capacidades de carga, las velocidades máximas y las características de vida útil de los rodamientos. [37]

2.1.5 Cilindro Hidráulico

Para obtener el cilindro hidráulico ideal se deben tener en cuenta varios factores, como la fuerza requerida, el recorrido, la velocidad y las condiciones operativas. [38]



Figura 36: Cilindro hidráulico
Fuente: Autor

Se deben tomar en cuenta las siguientes características:

Fuerza requerida: Determinar la fuerza máxima requerida para realizar el bordonado en la máquina. Depende directamente del espesor y el material de las láminas a bordonar, así como del tipo de bordonado que se realizará.

La fuerza necesaria se calcula a partir de las propiedades del material y la geometría de la operación de bordonado. [38]

Recorrido: Calcular el recorrido necesario para completar el proceso de bordonado. El recorrido es la distancia que debe moverse el cilindro hidráulico para realizar la operación de bordonado. Se debe tener en cuenta tanto la carrera máxima requerida como la carrera efectiva para determinar el tamaño adecuado del cilindro. [38]

Velocidad: Determinar la velocidad de desplazamiento requerida. La velocidad afectará la selección del cilindro hidráulico, ya que debe ser capaz de proporcionar la velocidad deseada sin comprometer la fuerza y el rendimiento. Además, se debe considerar la velocidad de avance y la velocidad de retroceso en el proceso de bordonado. [38]

Condiciones operativas: Se debe tener en cuenta las condiciones operativas en las que trabajará el cilindro hidráulico. Factores como la presión de trabajo, la temperatura

ambiente, la humedad y la presencia de polvo o suciedad influirán en la selección del cilindro. [38]

Catálogo del fabricante: Obtenidos los datos de fuerza, recorrido y velocidad, consultar los catálogos de fabricantes de cilindros hidráulicos. Estos proporcionan información detallada sobre las capacidades de carga, los diámetros de los cilindros, las presiones de trabajo y otras características relevantes. [38]

2.4.6 Rodillos

Para determinar los rodillos adecuados se deben considerar los siguientes factores como el diámetro, el material, la superficie y la geometría de los rodillos. [37]

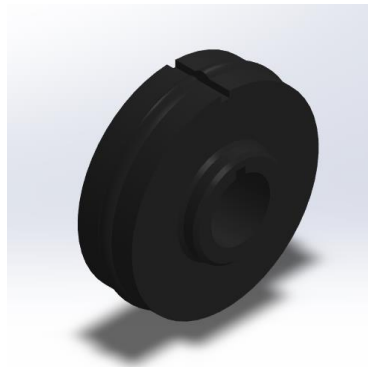


Figura 37: Rodillo

Fuente: Autor

Tipo de bordonado: Definir el tipo de bordonado que se realizará en la máquina. Un bordonado simple, un bordonado con perfil específico o un bordonado con diferentes etapas. El tipo de bordonado influirá en el diseño y selección de los rodillos. [37]

Diámetro de los rodillos: Determinar el diámetro adecuado de los rodillos. El diámetro de los rodillos afecta la presión aplicada al material y la capacidad de deformación. Se debe considerar el espesor del material a bordear y el radio de curvatura deseado para seleccionar el diámetro apropiado. [37]

Material de los rodillos: Elegir el material adecuado para los rodillos según las propiedades del material a bordear. Los rodillos pueden estar fabricados de acero, acero inoxidable u otros materiales resistentes al desgaste y la corrosión. La elección

del material debe tener en cuenta la compatibilidad con el material a bordear y la durabilidad requerida. [37]

Superficie y geometría de los rodillos: Considerar la superficie y la geometría de los rodillos. Dependiendo del tipo de bordonado, se puede necesitar rodillos con superficies lisas, acanaladas o texturizadas para lograr el perfil deseado en el borde del tanque. Se debe asegurar de que la geometría de los rodillos coincida con los requisitos de bordonado específicos de la aplicación. [37]

Catálogo del fabricante: Una vez obtenidos los datos de diámetro, material, superficie y geometría requeridos, se debe consultar en los catálogos de fabricantes de rodillos o equipos de bordonado. Los catálogos proporcionaran información detallada sobre los diferentes tipos de rodillos disponibles y sus aplicaciones recomendadas. [37]

2.4.7 Eslabón

Para determinar el tipo de cadena o eslabón se deben considerar varios factores, como la carga, la velocidad, el tamaño y las condiciones operativas. [39]



Figura 38 Eslabón

Fuente: Autor

Carga: Se debe determinar la carga máxima que se aplicará a la cadena durante el proceso de bordonado. Esto incluye la carga estática y la carga dinámica generada por las fuerzas de deformación y desplazamiento del material. Además, se debe tener en cuenta la carga máxima para seleccionar una cadena que pueda soportarla sin deformarse o romperse. [39]

Velocidad: La velocidad afecta la selección de la cadena, ya que debe ser capaz de funcionar de manera eficiente y segura a esa velocidad específica. Se debe tener en cuenta tanto la velocidad de avance como la velocidad de retroceso de la cadena. [39]

Tamaño y configuración: Esto incluye el número de eslabones, el paso de la cadena, el ancho de los eslabones y otros parámetros geométricos. La elección del tamaño y la configuración depende de las dimensiones y la estructura de la máquina. [39]

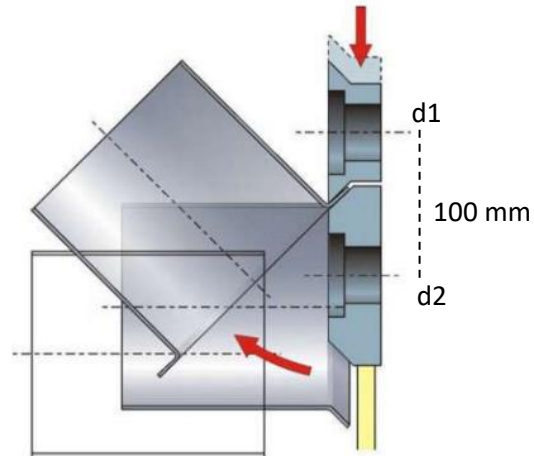
Condiciones operativas: Se debe considerar las condiciones operativas en las que trabajará la cadena. Factores como la temperatura, la humedad, la presencia de polvo o suciedad, y la lubricación deben tenerse en cuenta al seleccionar la cadena adecuada. Definiendo una cadena que sea resistente a la corrosión y adecuada para las condiciones de trabajo específicas. [39]

Catálogo del fabricante: Una vez con los datos de carga, velocidad, tamaño y condiciones operativas, se debe consultar los catálogos de fabricantes de cadenas o sistemas de transmisión. Los mismos que proporcionan información detallada sobre los diferentes tipos de cadenas disponibles y sus capacidades de carga, velocidades recomendadas y características de diseño. [39].

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

3. Cálculo de la fuerza de doblado en rodillos inclinados



Se calcula la fuerza de doblado:

$$F_d = \frac{S_y * a * e}{3}$$

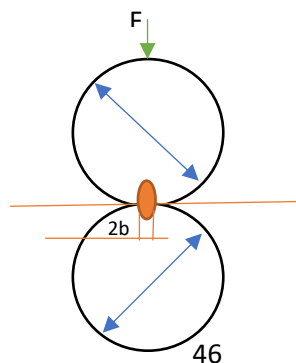
Donde S_y es 276 MPa para el acero inoxidable 304, y el espesor a doblar es de 3 mm en las láminas:

$$F_{dx} = F_{dy} = S_y * \left(a * \frac{e}{3}\right) * \sin 45$$

$$F_{dx} = \left(\frac{276 \text{ MPa} * 38 \text{ mm} * 3 \text{ mm}}{3}\right) * \sin 45$$

$$F_{dx} = 7910,55 \text{ N}$$

3.1 Cálculo de la fuerza de contacto



Se calcula la fuerza de contacto:

$$F_c = P_{max} * Area = \frac{4F}{\pi}$$

Donde:

$$P_{max} = \frac{2F}{\pi * b * L}$$

Despejamos b y reemplazamos por los valores de d1 y d2 correspondientes a los diámetros de los rodillos, E1 y E2 = 205 GPa (módulo de elasticidad AISI 1045), u_1 y $u_2 = 0,30$ (módulo de Poisson), L= 38 mm (requerimiento de la empresa):

$$b = \sqrt{\left(\frac{2F \left(\frac{1 - u_1^2}{E1} + \frac{1 - u_2^2}{E2} \right)}{\pi * L \left(\frac{1}{d1} + \frac{1}{d2} \right)} \right)}$$

$$b = \sqrt{\left(\frac{2F \left(\frac{1 - 0,3^2}{205 * 10^3} \right) * 2}{\pi * L \left(\frac{1}{128,4} + \frac{1}{73} \right)} \right)}$$

$$b = \sqrt{\left(\frac{2(7952,3)N * 8,88 * 10^{-6} mm^2/N}{\pi * 38 mm * 0,021} \right)}$$

$$b = 0,24 mm$$

Se calcula Pmax:

$$P_{max} = \frac{2(7952,3 N)}{\pi * 0,24 mm * 30 mm}$$

$$P_{max} = 555,11 MPa$$

Se determina la fuerza normal donde Mr_1 es la masa del rodillo uno:

$$F = W_1 + Fdy$$

$$F = Mr_1 * g + Fdy$$

$$F = 4,26 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 7910,55 \text{ N}$$

$$F = 7952,3 \text{ N}$$

Se calcula el Área:

$$A = 2b * L$$

$$A = 2(0,24 \text{ mm} * 30 \text{ mm})$$

$$A = 7,2 \text{ mm}^2$$

Se calcula la fuerza de contacto:

$$F_c = \frac{4F}{\pi}$$

$$F_c = \frac{4(7952,3 \text{ N})}{\pi}$$

$$F_c = 10125,18 \text{ N}$$

3.2 Cálculo de la fuerza de rozamiento

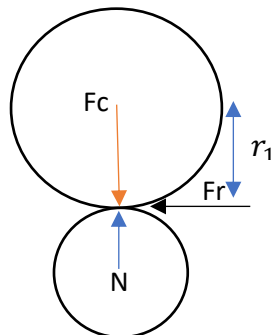


Figura 39 Diagrama de fuerza de rozamiento en los rodillos

Fuente: Autor

Donde:

$$\mu = 0,18 \text{ (Acero)}$$

$$N = F_c = 10125,18$$

Determinamos la fuerza de rozamiento:

$$F_r = \mu * N$$

$$F_r = 0,18 * 10125,18 \text{ N}$$

$$F_r = 1822,53 \text{ N}$$

Determinamos el torque, con el cálculo del r_1 que es igual a $\frac{d_1}{2}$:

$$T = F_r * r_1$$

$$T = 1822,53 \text{ N} * 0,0642 \text{ m}$$

$$T = 116,64 \text{ N}$$

3.3 Radio mínimo de doblado

Tabla 6. Radio mínimo de doblado para diversos metales a temperatura ambiente [40]

Material	Condición	
	Blando	Duro
Aleaciones de aluminio	0	6T
Cobre berilio	0	4T
Latón (con bajo plomo)	0	2T
Magnesio	5T	13T
Aceros		
Acero inoxidable austenítico	0.5T	6T
Bajo carbono, baja aleación y HSLA	0.5T	4T
Titanio	0.7T	3T
Aleaciones de titanio	2.6T	4T

Seleccionamos acero inoxidable austenítico suave y determinamos el radio mínimo de doblado:

$$r_m = 0,5 T$$

Donde T es el espesor de la lámina a doblar: 3,2 mm

$$r_m = 0,5 (3,2 \text{ mm})$$

$$r_m = 1,6 \text{ mm}$$

Verificamos que la presión máxima P_{max} sea mayor al S_y para que cumpla con la deformación plástica y de esta manera que el S_{ut} sea menor y no se fracture el material.

$$S_y < P_{max} < S_{ut}$$

$$276 \text{ MPa} < 555,11 < 568 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

3.4 Cálculo del eje superior

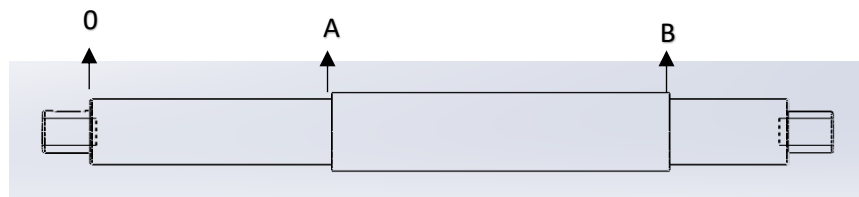


Figura 40: Eje superior

Fuente: Autor

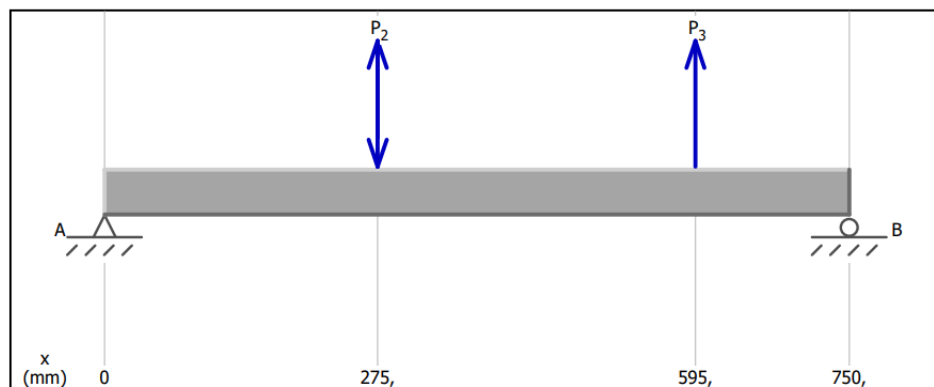


Figura 41: Diagrama de carga

Fuente: Autor

$$FD = 1187,2 \text{ N}$$

$$FD_x = FD_y = 7910,55 \text{ N}$$

$$FD = 25000 \text{ N}$$

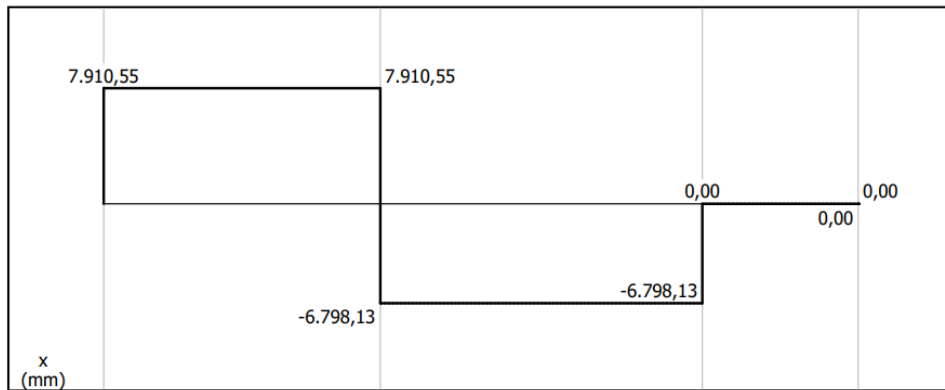


Figura 42: Diagrama de corte plano XY

Fuente: Autor

$$\sum F_y = 0$$

$$FD_y - F_p + RA_y + RB_y = 0$$

$$7910,55 - 25000 + RA_y + RB_y = 0$$

$$RA_y + RB_y = 17089,45N$$

$$RA_y = 17089,45 - 6798,13$$

$$RA_y = 25000 N$$

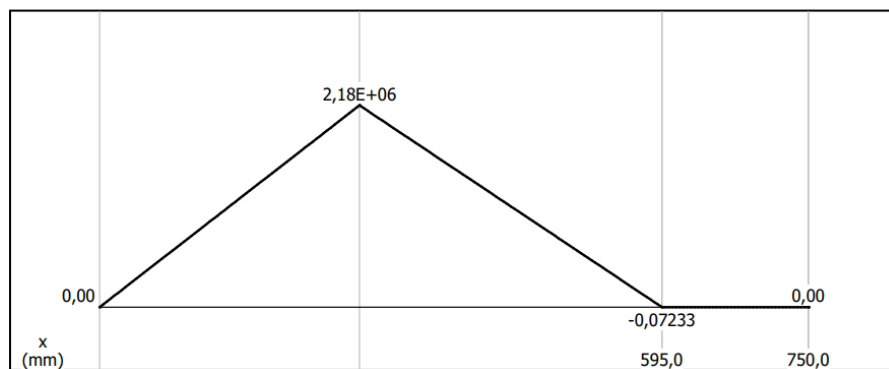


Figura 43 Diagrama de momento plano XY

Fuente: Autor

$$\sum M_A = 0$$

$$-FD_y (0,275 \text{ m}) + RB_y (0,32 \text{ m}) = 0$$

$$RB_y = \frac{7910,55 \text{ N} (0,275 \text{ m})}{0,32 \text{ m}} = 6798,13 \text{ N}$$

$$M_{XY} = 7910,55 * 0,275 \text{ m} = 2175,4 \text{ N} * \text{m}$$

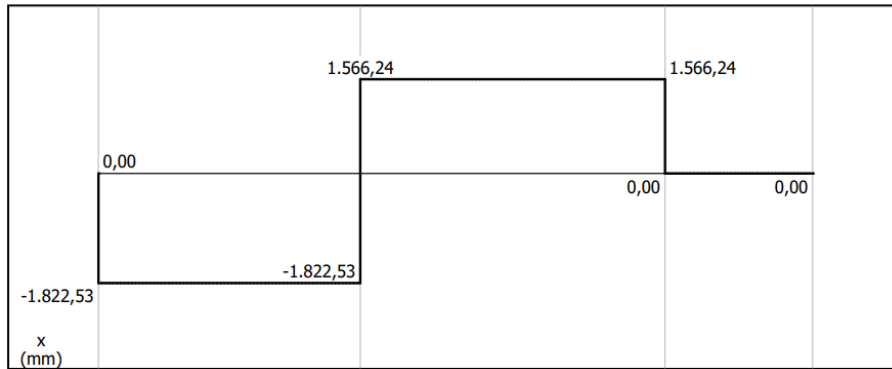


Figura 44 Diagrama de corte plano XZ

Fuente: Autor

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_R + R_{AZ} - R_{BZ} = 0$$

$$R_{AZ} - R_{BZ} = 1822,53$$

$$R_{AZ} = 1822,53 + 1566,24$$

$$R_{AZ} = 3388,77 \text{ N}$$

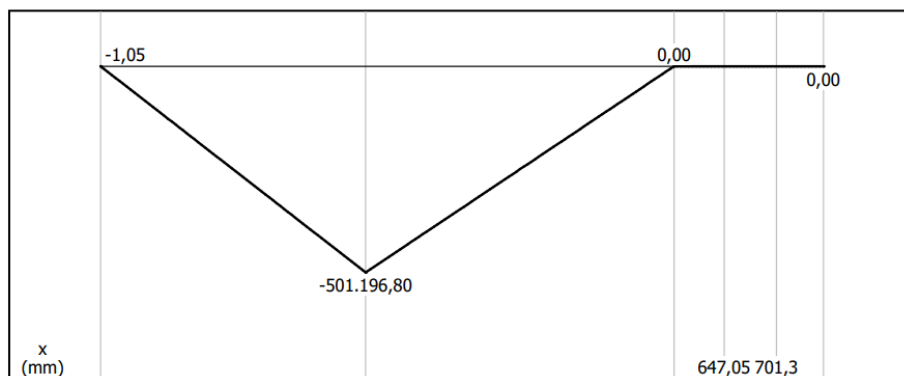


Figura 45: Diagrama de momento plano XZ

$$\sum M_A = 0$$

$$F_R (0,275 \text{ m}) + RB_Z(0,32\text{m}) = 0$$

$$RB_Z = \frac{1822,53 \text{ N} (0,275 \text{ m})}{0,32 \text{ m}} = 1566,24 \text{ N}$$

$$M_{XZ} = 1822,53 * 0,275 \text{ m} = 501,20 \text{ N}$$

$$M_{max} = \sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2}$$

$$M_{max} = \sqrt{(2175,4)^2 + (501,2)^2}$$

$$M_{max} = 2232,39 \text{ N} * \text{m}$$

3.4.1 Análisis de esfuerzos combinados

Sy (AISI 1045) = 310 MPa

n = 2 Factor de seguridad

$$\tau_{admissible} = \frac{S_y}{n}$$

$$S = \frac{\sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2 + T^2}}{\tau_{admissible}}$$

$$\frac{\pi r^2}{4} = \frac{\sqrt{(2175,4)^2 + (501,2)^2 + (116,64)^2}}{(310 * 10^6 \text{ N/m}^2)/2}$$

$$r^3 = \frac{2235,44 \text{ N} * \text{m} (4)}{155 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * \pi}$$

$$r = 0,0264 \text{ m}$$

$$d = 0,053 \text{ m} = 53 \text{ mm}$$

3.4.2 Análisis de concentración de esfuerzos

Análisis en el punto A

AISI 1045

$S_y = 310 \text{ MPa}$

$S_{ut} = 570 \text{ MPa}$

Tabla 7 Estimaciones de primera iteración de los valores de concentración de esfuerzo. [40]

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ($r/d = 0.1$)	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ($r/d = 0.02$)	2.14	3.0	—
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

Tabla 8 Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin. [40]

Acabado superficial	Factor a		Exponente
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	b
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

$$K_a = a(S_{ut})^{-b}$$

$$K_a = 4,51(570)^{-0,265}$$

$$K_a = 0,839$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f$$

$$S_e = 0,839 * (0,9) * 570 \text{ MPa}$$

$$S_e = 430,41 \text{ MPa}$$

Cálculo de diámetro por Goodman

$$Ma = 2232,29 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$Ma = 116,64 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$n = 1,5$$

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} * \left[\frac{1}{Se} \{ 4(Kf * Ma)^2 \}^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{Sut} [3(Kfs * Tm)^2]^{\frac{1}{2}} \right) \right)$$

$$d = \left(\frac{16(1,5)}{\pi} \left\{ \frac{[4(2,7 * 2232,39)^2]^{\frac{1}{2}}}{430,41 * 10^6 \text{ N/m}^2} + \frac{[3(2,2 * 116,64)^2]^{\frac{1}{2}}}{570 * 10^6 \text{ N/m}^2} \right\} \frac{1}{1} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,0604 \text{ m} = 60 \text{ mm}$$

3.5 Cálculo del eje inferior

$$FD_y = 7910,55 \text{ N}$$

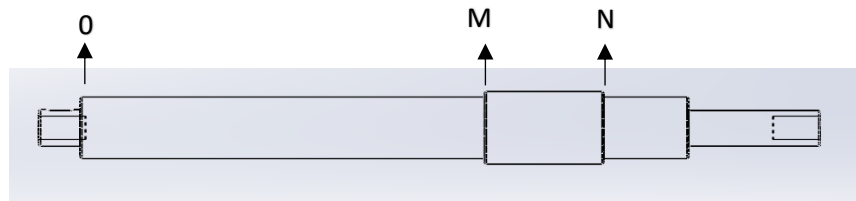


Figura 46 Eje inferior

Fuente: Autor

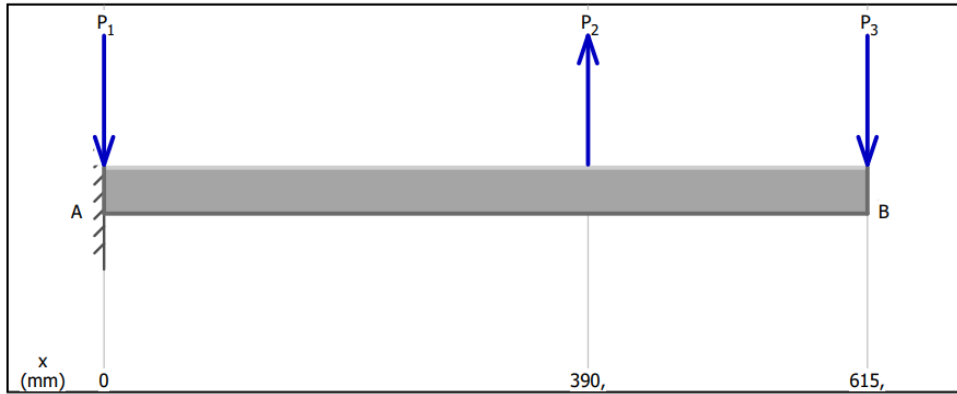


Figura 47: Diagrama de carga

Fuente: Autor

$$\sum F_y = 0$$

$$-FD_y + RM_y - RN_y = 0$$

$$RM_y - RN_y = 7910,55 \text{ N}$$

$$RM_y = 7910,55 + 13711,62$$

$$RM_y = 21622,17 \text{ N}$$

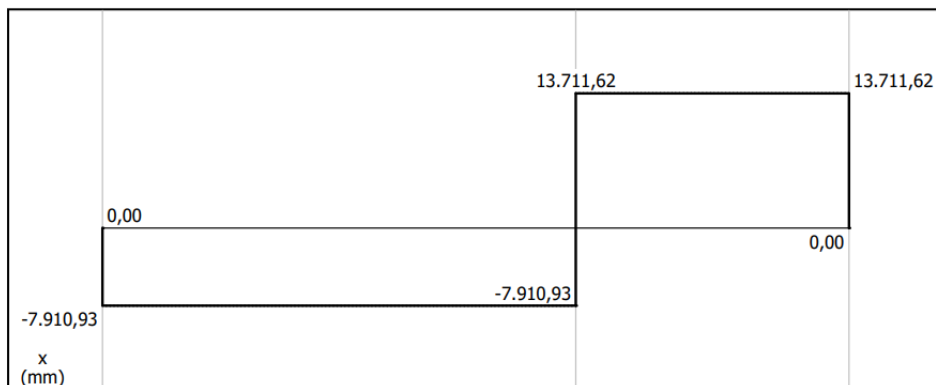


Figura 48: Diagrama de corte plano XY

Fuente: Autor

$$\sum M_M = 0$$

$$FD_y (0,39 \text{ m}) - RN_y (0,225 \text{ m}) = 0$$

$$RN_y = \frac{7910,55 \text{ N} (0,39 \text{ m})}{0,225 \text{ m}} = 13711,62 \text{ N}$$

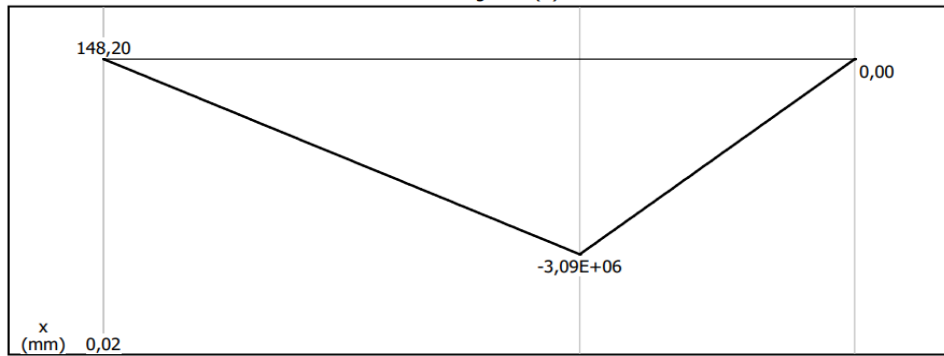


Figura 49: Diagrama de momento plano XY

Fuente: Autor

$$M_{XY} = 7910,55 * 0,39$$

$$m = 3085,11 \text{ N} * m$$

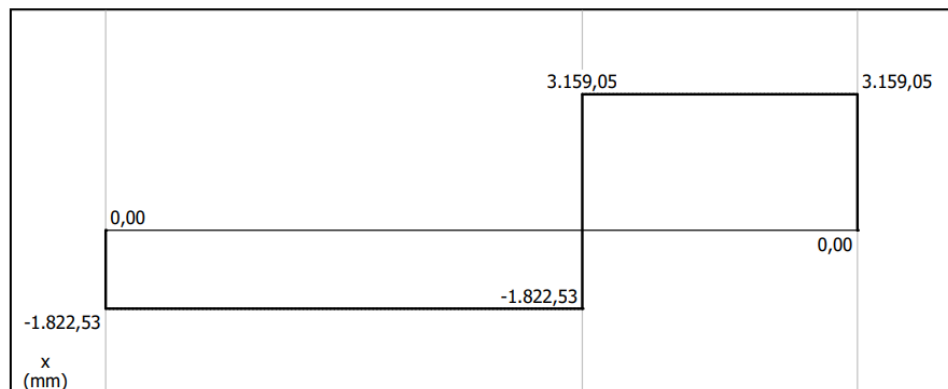


Figura 50: Diagrama de corte plano XZ

Fuente: Autor

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_R + R_{MZ} - R_{NZ} = 0$$

$$R_{MZ} - R_{NZ} = 1822,53 \text{ N}$$

$$R_{MZ} = 1822,53 + 3159,05$$

$$R_{MZ} = 4981,58 \text{ N}$$

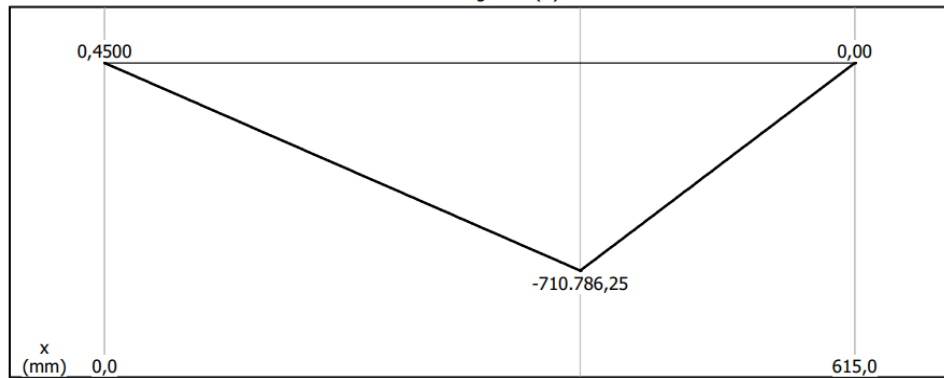


Figura 51: Diagrama de momento plano XZ

Fuente: Autor

$$\sum M_M = 0$$

$$F_R (0,39 \text{ m}) + RN_Z(0,225\text{m}) = 0$$

$$RN_Z = \frac{1822,53 \text{ N} (0,39 \text{ m})}{0,225 \text{ m}} = 3159,05 \text{ N}$$

$$M_{XZ} = 1822,53 * 0,39 \text{ m} = 710,79 \text{ N}$$

$$M_{max} = \sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2}$$

$$M_{max} = \sqrt{(3085,11)^2 + (710,79)^2}$$

$$M_{max} = 3165,93 \text{ N} * \text{m}$$

3.5.1 Análisis de esfuerzos combinados

S_y (AISI 1045) = 310 MPa

$n = 2$ Factor de seguridad

$$\tau_{admissible} = \frac{S_y}{n}$$

$$S = \frac{\sqrt{Mxy^2 + Mxz^2 + T^2}}{\tau_{admisible}}$$

$$\frac{\pi d^2}{32} = \frac{\sqrt{(3085,11)^2 + (710,79)^2 + (116,64)^2}}{\left(155 * \frac{10^6 N}{m^2}\right) * \pi} * 32$$

$$d^3 = \frac{5219,41 N * m (4)}{155 * 10^6 \frac{N}{m^2} * \pi}$$

$$d = 0,059 m = 59 mm$$

3.5.2 Análisis de concentración de esfuerzos

Análisis en el punto M

AISI 1045

Sy= 310 MPa

Sut= 570 MPa

Tabla 9 Estimaciones de primera iteración de los valores de concentración de esfuerzo. [40]

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ($r/d = 0.1$)	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ($r/d = 0.02$)	2.14	3.0	—
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

Tabla 10 Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin. [40]

Acabado superficial	Factor a		Exponente
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	b
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Fuente:

$$K_a = a(S_{ut})^{-b}$$

$$K_a = 4,51(570)^{-0,265}$$

$$K_a = 0,839$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f$$

$$S_e = 0,839 * (0,9) * 570 \text{ MPa}$$

$$S_e = 430,41 \text{ MPa}$$

- **Cálculo de diámetro por Goodman**

$$M_a = 3165,93 \text{ N} * m$$

$$T_m = 116,64 \text{ N} * m$$

$$n = 1,5$$

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} * \left[\frac{1}{S_e} \{4(K_f * M_a)^2\}^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} [3(K_{fs} * T_m)^2]^{\frac{1}{2}} \right) \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left(\frac{16(1,5)}{\pi} \left\{ \frac{[4(2,7 * 3165,93)^2]^{\frac{1}{2}}}{430,41 * 10^6 \text{ N/m}^2} + \frac{[3(2,2 * 116,64)^2]^{\frac{1}{2}}}{570 * 10^6 \text{ N/m}^2} \right\} \frac{1}{1} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,067 \text{ m} = 67 \text{ mm}$$

3.6 Selección de Rodamientos

3.6.1 Eje superior

Datos: (Punto A)

$d = 60 \text{ mm}$

$$F_a = \frac{FDx}{2} = \frac{7910,552}{2} = 3955,28 \text{ N}$$

$$F_r = F_p = 25000 \text{ N}$$

$$\eta = 16 \text{ rpm}$$

$\rho = 3$ (rodamiento de bolas)

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{3955,28}{25000} = 0,16$$

$$P = F_r + 0,55 F_a$$

$$P = 25000 \text{ N} + 0,55 (3955,28 \text{ N})$$

$$P = 27175,4 \text{ N} = 27,2 \text{ KN}$$

$$C = P \sqrt[3]{\frac{Lh * \eta * 60}{10^6}}$$

$$C = 27,2 \text{ KN} \sqrt[3]{\frac{8000 * 16 * 60}{10^6}}$$

$$C = 53,65$$

Con el índice de carga de $C=53,65$ se procede a seleccionar los rodamientos de bolas para una hilera en el catálogo de SKF:

Tabla 11: Selección rodamiento eje superior. [40]

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	-
40	52	7	4,94	3,45	0,19	26 000	16 000	0,034	61808
	62	12	13,8	10	0,43	24 000	14 000	0,12	61908
	68	9	13,8	9,15	0,44	22 000	14 000	0,13	* 16008
	68	15	17,8	11,6	0,49	22 000	14 000	0,19	* 6008
	80	18	32,5	19	0,80	18 000	11 000	0,37	* 6208
	80	18	35,8	20,8	0,88	18 000	11 000	0,34	6208 ETN9
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	11 000	0,63	* 6308
	110	27	63,7	36,5	1,53	14 000	9 000	1,25	6408
45	58	7	6,63	6,1	0,26	22 000	14 000	0,040	61809
	68	12	14	10,8	0,47	20 000	13 000	0,14	61909
	75	10	16,5	10,8	0,52	20 000	12 000	0,17	* 16009
	75	16	22,1	14,6	0,64	20 000	12 000	0,25	* 6009
	85	19	35,1	21,6	0,92	17 000	11 000	0,41	* 6209
	100	25	55,3	31,5	1,34	15 000	9 500	0,83	* 6309
	120	29	76,1	45	1,90	13 000	8 500	1,55	6409
	50	65	7	6,76	6,8	0,285	20 000	13 000	0,052
72		12	14,6	11,8	0,50	19 000	12 000	0,14	61910
80		10	16,8	11,4	0,56	18 000	11 000	0,18	* 16010
80		16	22,9	16	0,71	18 000	11 000	0,26	* 6010
90		20	37,1	23,2	0,98	15 000	10 000	0,46	* 6210
110		27	65	38	1,6	13 000	8 500	1,05	* 6310
130		31	87,1	52	2,2	12 000	7 500	1,9	6410
55		72	9	9,04	8,8	0,38	19 000	12 000	0,083
	80	13	16,5	14	0,60	17 000	11 000	0,19	61911
	90	11	20,3	14	0,70	16 000	10 000	0,26	* 16011
	90	18	29,6	21,2	0,90	16 000	10 000	0,39	* 6011
	100	21	46,2	29	1,25	14 000	9 000	0,61	* 6211
	120	29	74,1	45	1,90	12 000	8 000	1,35	* 6311
	140	33	99,5	62	2,60	11 000	7 000	2,3	6411
	60	78	10	11,9	11,4	0,49	17 000	11 000	0,11
85		13	16,5	14,3	0,60	16 000	10 000	0,20	61912
95		11	20,8	15	0,74	15 000	9 500	0,28	* 16012
95		18	30,7	23,2	0,98	15 000	9 500	0,42	* 6012
110		22	55,3	36	1,53	13 000	8 000	0,78	* 6212
130		31	85,2	52	2,20	11 000	7 000	1,7	* 6312
150		35	108	69,5	2,90	10 000	6 300	2,75	6412

* Rodamiento SKF Explorer

Se escoge el rodamiento 6012 con una capacidad de carga de 30,7 y son 4 rodamientos por eje para soportar la carga de 53,65 necesaria.?

Calculamos las horas de funcionamiento total:

$$c = 30,7 \quad B = 18$$

$$d = 60$$

$$D = 95$$

$$Lh = \left(\frac{c}{P}\right)^p * \frac{10}{60 * \eta}$$

$$Lh = \left(\frac{30,7}{27,2}\right)^p * \frac{10}{60 * \eta}$$

$$Lh = 8128,83 \text{ h}$$

3.6.2 Eje inferior

Datos: **(Punto M)**

$d = 65 \text{ mm}$

$$F_a = \frac{FDx}{2} = \frac{7910,552}{2} = 3955,28 \text{ N}$$

$$F_r = R_m = \sqrt{R_{my}^2 + R_{mz}^2} = \sqrt{216622,17^2 + 4981,58^2} = 22188,61 \text{ N}$$

$\eta = 16 \text{ rpm}$

$\rho = 3$ (rodamiento de bolas)

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{3955,28}{22188,61} = 0,18$$

$$P = F_r + 0,55 F_a$$

$$P = 22188,61 \text{ N} + 0,55 (3955,28 \text{ N})$$

$$P = 24364,01 \text{ N} = 24,4 \text{ KN}$$

$$C = P \sqrt[3]{\frac{Lh * \eta * 60}{10^6}}$$

$$C = 24,4 \text{ KN} \sqrt[3]{\frac{8000 * 16 * 60}{10^6}}$$

$$C = 48,19$$

Con el índice de carga de $C=48,19$ se procede a seleccionar los rodamientos de bolas para una hilera en el catálogo de SKF:

Tabla 12: Selección rodamiento eje inferior. [40]

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm	kg	-	
65	85	10	12,4	12,7	0,54	16 000	10 000	0,13	61813
	90	13	17,4	16	0,68	15 000	9 500	0,22	61913
	100	11	22,5	16,6	0,83	14 000	9 000	0,30	*16013
	100	18	31,9	25	1,06	14 000	9 000	0,44	*6013
	120	23	58,5	40,5	1,73	12 000	7 500	0,99	*6213
	140	33	97,5	60	2,5	10 000	6 700	2,10	*6313
	160	37	119	78	3,15	9 500	6 000	3,30	6413

Se escoge el rodamiento 6213 con una capacidad de carga de 58,5 KN ideal para la capacidad de carga necesaria.

Calculamos las horas de vida útil total del rodamiento:

$$c = 30,7 \quad B = 18$$

$$d = 60$$

$$D = 95$$

$$Lh = \left(\frac{c}{P}\right)^p * \frac{10}{60 * \eta}$$

$$Lh = \left(\frac{58,5}{24,4}\right)^p * \frac{10}{60 * \eta}$$

$$Lh = 13231,42 \text{ h}$$

3.6.3 Lubricación en los rodamientos

$$dm = \frac{D + d}{2}$$

$$dm = \frac{65 + 120}{2}$$

$$dm = 92,5$$

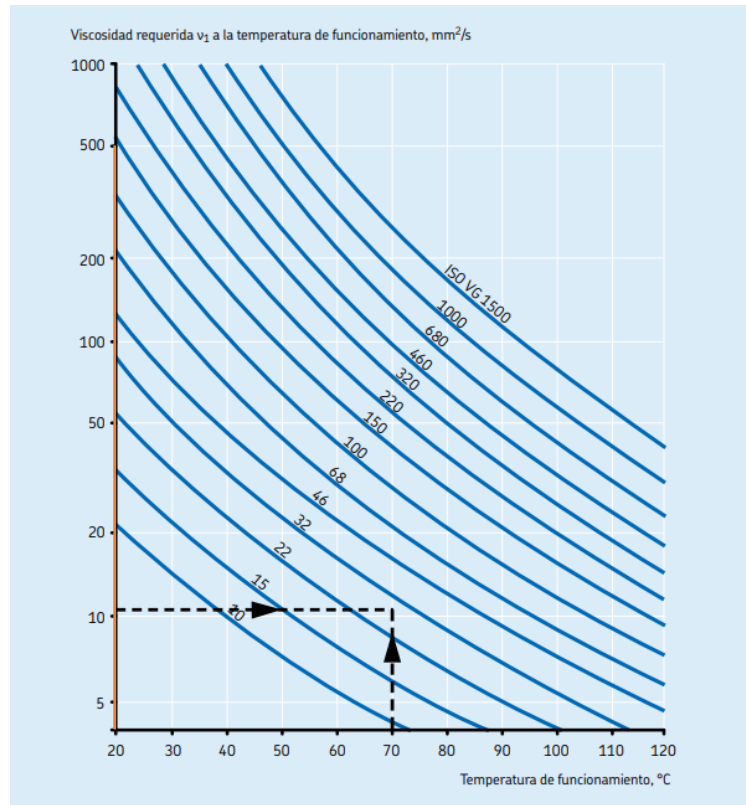


Figura 52: Viscosidad requerida vs temperatura de funcionamiento. [40]

$$V_1 = 500$$

$$T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Lubricante ISO VG 150 para todos los rodamientos

3.7 Cálculo engranes rectos

Datos

$$m = 4\text{ mm}$$

$$\phi = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$d_p = 100\text{ mm}$$

3.7.1 Numero de dientes

$$z = \frac{dp}{m} = \frac{100}{4} = 4$$

3.7.2 Altura cabeza del diente

$$hc = m$$

3.7.3 Altura pie del diente

$$hp = 1,15 * m$$

$$hp = 1,15 * (4)$$

$$hp = 5$$

3.7.4 Diámetro exterior

$$De = dp + 2m$$

$$De = 100 + 2(4)$$

$$De = 108$$

3.7.5 Altura interior

$$Di = dp - (1,25 * (2)^3)$$

$$Di = 100 - (1,25(8))$$

$$Di = 90$$

3.7.6 Propiedades del material

AISI 4140 normalizado

Tabla 13: Propiedades del acero AISI 4140 Normalizado. [41]

Propiedad	Valor
Esfuerzo de fluencia (Sy)	655 MPa
Resistencia a la tracción (Sut)	1020 Mpa
Dureza (HB)	302 HB

3.7.7 Fuerza tangencial

$$T = 116,64 \text{ N} * m$$

$$P = 196 \text{ w} = 0,26 \text{ Hp}$$

$$RPM = n = 16rpm$$

$$Wt = \frac{2T}{dp}$$

$$Wt = \frac{2(116,64 \text{ N} * m)}{0,100 \text{ m}}$$

$$Wt = 2332,8 \text{ N}$$

3.7.8 Fuerza radial

$$Wr = Wt * \tan 20^\circ$$

$$Wr = 2332,8 * \tan 20^\circ$$

$$Wr = 849,07 \text{ N}$$

3.7.9 Esfuerzo de flexión

$$Kv = \left(\frac{A + \sqrt{200v}}{A} \right)^B$$

$$Kv = \left(\frac{59,77 + \sqrt{200 * (0,084)}}{59,77} \right)^{0,825} = 1,056$$

$$A = 50 + 56(1 - B)$$

$$A = 50 + 56(1 - 0,825)$$

$$A = 59,77$$

$$B = 0,25 * (12 - Qv)^{\frac{2}{3}}$$

$$B = 0,25 * (12 - 6)^{\frac{2}{3}}$$

$$B = 0,825$$

$$K_H = 1 + Cmc * (Cp + Cpm + Cma * Ce)$$

$$K_H = 1 + (0,019 + 0,087)$$

$$K_H = 1,106$$

$$\sigma = Wt * Ko * Kv * Ks \frac{K_H * K_B}{bm * Yj}$$

$$\sigma = 2332,8 * 1,056 * \frac{1,106}{40mm * 4mm * 0,34}$$

$$\sigma = 50,08 MPa$$

3.7.10 Velocidad lineal del engranaje

$$V = \frac{\pi * Dp * n}{60}$$

$$V = \frac{\pi * 0,1 * 16 rpm}{60}$$

$$V = 0,084 m/s$$

3.7.11 Factor de seguridad en flexión

$$y_{\theta} = 1 \text{ (temp} < 120^{\circ}\text{C)}$$

$$y_N = 1 \text{ confiabilidad } 0,99$$

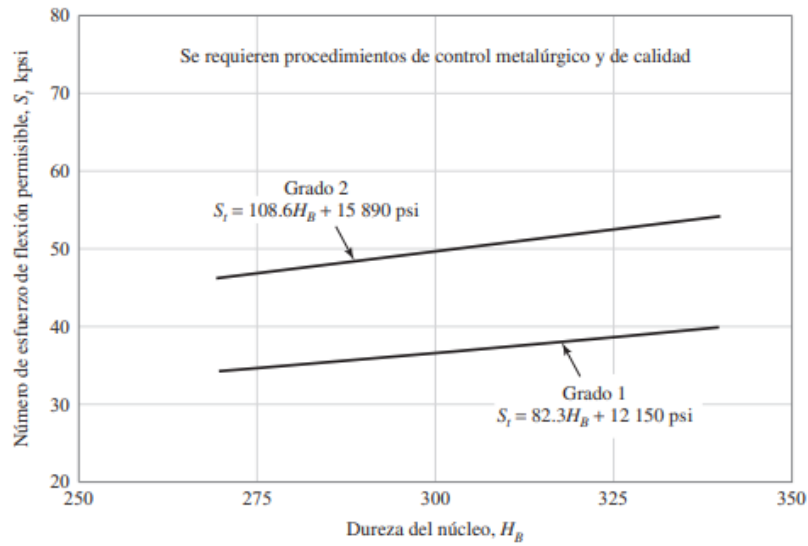


Figura 53: Número de esfuerzo de flexión permisible de engranes St. [40]

$$St = 0,568 H_B + 83,8$$

$$St = 0,568 (302) + 83,8$$

$$St = 255,34 \text{ MPa}$$

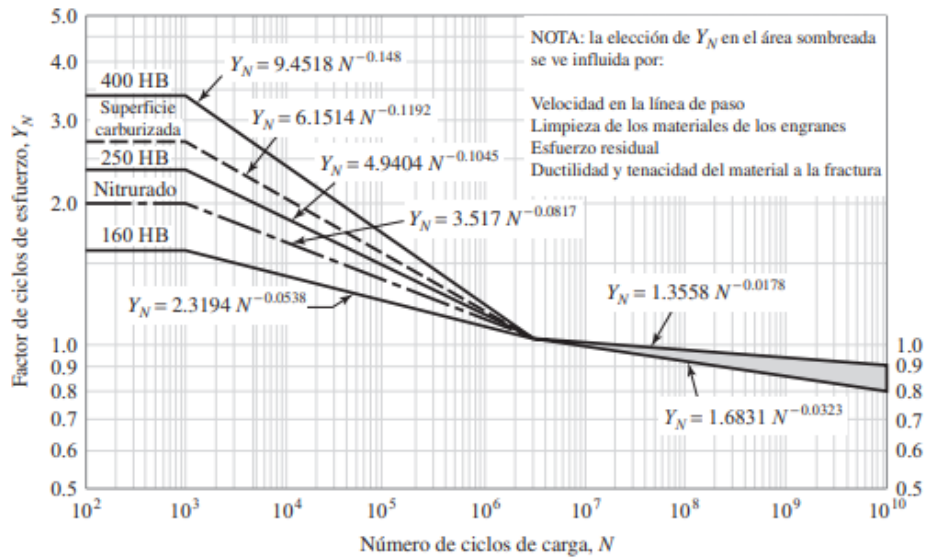


Figura 54: Factor de ciclos de esfuerzo repetidamente aplicados de resistencia a la flexión Y_n .

Fuente: [40]

$$Y_n = 6,1514 * N^{-0,1192}$$

$$Y_n = 6,1514 * (10^6)^{-0,1192}$$

$$Y_n = 1,19$$

$$V = \frac{St * Y_n / (Y_\theta * Y_Z)}{\sigma}$$

$$V = \frac{255,34 * 1,19 / (1 * 1)}{50,08}$$

$$V = 6,07$$

3.7.12 Esfuerzo de contacto

$$W_t = 2332,8 N$$

$$K_H = 1,106$$

$$K_o = 1$$

$$Z_R = 1$$

$$K_v = 1,056$$

$$M_N = 1 \text{ (iguales)}$$

$$K_S = 1$$

$$M_G = 1 \text{ (rectos)}$$

Factor Geométrico

$$Z_I = \frac{\cos \phi t * \sin \phi t}{2Mn} * \frac{M_G}{M_G + 1}$$

$$Z_I = \frac{\cos 20 * \sin 20}{2(1)} * \frac{(1)}{(1 + 1)}$$

$$Z_I = 0,08$$

$$\sigma_c = Z_E * \sqrt{W_t * K_o * K_o * K_s * \frac{K_H * Z_R}{d_p * b * Z_I}}$$

$$\sigma_c = 191 * \sqrt{2332,8 * (1,056) * \frac{1,106 * 1}{100 * 40 * 0,08}}$$

$$\sigma_c = 557,32 \text{ MPa}$$

3.7.13 Factor de seguridad de contacto

$y_\theta = 1$ (temp < 120°C) $Z_w=1$ (misma dureza) $y_N = 1$ (confiabilidad 0,99)

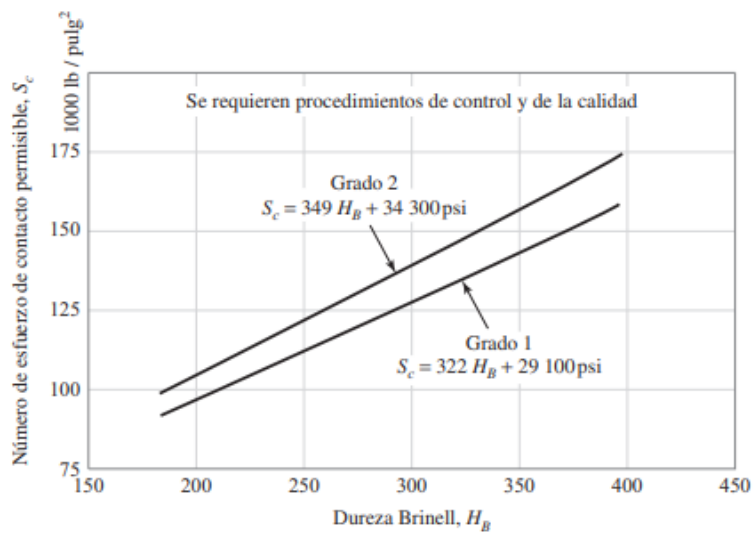


Figura 55: Resistencia a la fatiga por contacto S_c a 10^7 ciclos. [40]

$$S_c = 2,92 \text{ HB} + 200 \text{ MPa}$$

$$S_c = 2,92(302) + 200$$

$$S_c = 1081,84 \text{ MPa}$$

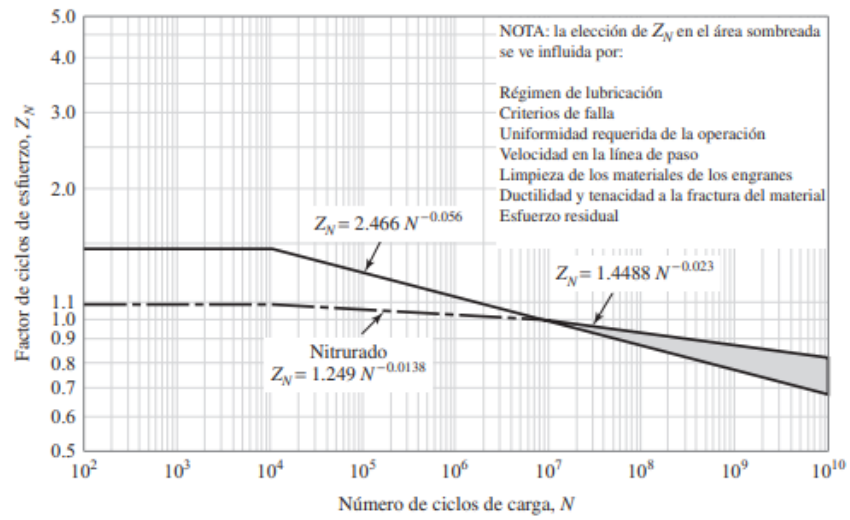


Figura 56: Factor de ciclos de esfuerzos de resistencia a la salpicadura Zn

Fuente: [40]

$$Y_n = 2,466 * N^{-0,056}$$

$$Y_n = 2,466 * (10^6)^{-0,056}$$

$$Y_n = 1,14$$

$$S_H = \frac{S_c * Z_n * Z_w / (Y_\theta * Y_Z)}{\sigma_c}$$

$$S_H = \frac{1081,84 * 1,14 / (1 * 1)}{557,32}$$

$$S_H = 1,78$$

Los engranes a seleccionar deben tener las siguientes características:

Tabla 14: Engrane adecuado para el diseño establecido

Propiedad	Simbología	Valor
Módulo	m	4 mm
Ángulo de presión	ϕ	20 °C
Diámetro primitivo	dp	100 mm
Número de dientes	Z	25
Altura cabeza del diente	hc	4 mm
Altura pie del diente	hp	5 mm
Diámetro exterior	De	108 mm
Diámetro interior	Di	90 mm
Ancho	b	40 mm

Fuente: Autor

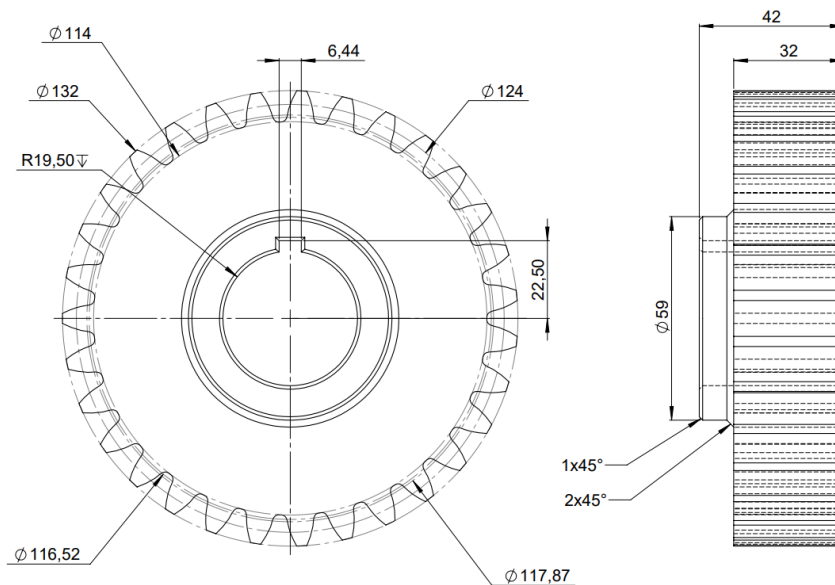


Figura 57: Plano del engrane seleccionado

Fuente: Autor

3.8 Cálculo piñones y cadena

$$P = 205,8 \text{ W} = 0,28 \text{ Hp}$$

$$n_1 = 35 \text{ rpm} \quad (\text{salida del reductor})$$

$$n_2 = 17,5 \text{ rpm}$$

$$r = 2; 1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Tabla 15: Piñones - Sprockets 1/2" x 5/16". [40]

DIENTES TEETH Z	O8B		SIMPLE - SIMPLEX b1=7.2			DOBLE - DUPLEX b2=21.0			TRIPLE - TRIPLEX b3=34.9		
	Dp mm.	De mm.	Ødm mm.	A mm.	ØD1 mm.	Ødm mm.	A mm.	ØD1 mm.	Ødm mm.	A mm.	ØD1 mm.
8	33,19	37,7	20	25	10	20	32	10	20	46	10
9	37,13	41,8	24	25	10	24	32	10	24	46	12
10	41,10	45,9	26	25	10	28	32	10	28	46	12
11	45,08	49,9	29	25	10	32	35	12	32	50	14
12	49,07	54,0	33	28	10	35	35	12	35	50	14
13	53,07	58,1	37	28	10	38	35	12	38	50	14
14	57,07	62,1	41	28	10	42	35	12	42	50	14
15	61,08	66,2	45	28	10	46	35	12	46	50	14
16	65,10	70,2	50	28	12	50	35	14	50	50	16
17	69,12	74,3	52	28	12	54	35	14	54	50	16
18	73,14	78,3	56	28	12	58	35	14	58	50	16
19	77,16	82,4	60	28	12	62	35	14	62	50	16
20	81,18	86,5	64	28	12	66	35	14	66	50	16
21	85,21	90,5	68	28	12	70	40	16	70	55	20
22	89,24	94,6	70	28	12	70	40	16	70	55	20
23	93,27	98,6	70	28	14	70	40	16	70	55	20
24	97,30	102,7	70	28	14	75	40	16	75	55	20
25	101,33	106,7	70	28	14	80	40	16	80	55	20
26	105,36	110,7	70	30	16	85	40	20	85	55	20
27	109,40	114,8	70	30	16	85	40	20	85	55	20
30	121,50	126,9	80	30	16	100	40	20	100	55	20
38	153,79	159,3	90	35	16	110	40	20	120	55	25
45#	182,06	187,6	70	40	20	90	50	24	100	60	24
57#	230,54	236,1	70	40	20	90	50	24	100	60	24
76#	307,32	313,0	80	40	24	100	56	24	100	60	24
95#	384,11	389,8	80	45	24	100	56	24	120	67	24
114#	460,91	466,6	80	45	24	100	63	24	120	67	24

3.8.1 Velocidad de la cadena

$$r = \frac{P * Z_1 * n_1}{1000}$$

$$r = \frac{12,7 * 19 * 35}{1000}$$

$$r = 8,45 \text{ m/min}$$

3.8.2 Tensión del ramal conductor

$$T = \frac{6120 * W}{r}$$

$$T = \frac{6120 * 0,2058 \text{ Kw}}{8,45 \text{ m/min}}$$

$$T = 149,05 \text{ Kg}$$

3.8.3 Longitud de la cadena

$$L = 2C + \frac{Z_1 + Z_2}{2} * P + \frac{(Z_2 - Z_1/6,28)^2}{C} * P$$

$$L = 2(381) + \frac{19 + 38}{2} * (12,7) + \left(\frac{\frac{38 - 19}{6,28}}{381} \right) * (12,7)$$

$$L = 1124,26 \text{ mm} = 1,12 \text{ m}$$

Cadena tipo: 08B-2 (Doble)

Longitud: 1,12 m

Paso: 12,7 mm = 1/2"

3.8.4 Coeficiente de seguridad (carga de rotura)

$$K = \frac{3810}{T}$$

$$K = \frac{3810}{149,05}$$

$$K = 25,56$$

3.8.5 Presión en articulaciones

$$t = \frac{T}{S}$$

$$t = \frac{149,05 \text{ Kg}}{1 \text{ mm}^2}$$

$$t = 149,05 \text{ kg/mm}^2$$

Tabla 16: Selección de piñones ideales para el diseño

Piñón Conductor	Piñón Conducido
$Z_1 = 19 \text{ dientes}$	$Z_2 = 19 \text{ dientes}$
$d_m = 62 \text{ mm}$	$d_m = 110 \text{ mm}$
$\text{ancho} = 35 \text{ mm}$	$\text{ancho} = 40 \text{ mm}$

Fuente: Autor

3.9 Cálculo sistema hidráulico

$$P = 14 \text{ MPa}$$

$$F = 25 \text{ KN}$$

0,9 (Factor de rozamiento)

3.9.1 Diámetro el émbolo

$$P = \frac{F}{P * 0,9}$$

$$P = \frac{25000 \text{ N}}{14 \text{ N/mm}^2 * 0,9}$$

$$P = 1984,13 \text{ mm}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * (1984,13)}{\pi}}$$

$$d = 50,26 \text{ mm}$$

3.9.2 Selección del pistón hidráulico

Tabla 17: Cilindros estándar (series 700). [40]

REF.	∅ A	∅ B	Z Carrera Stroke Course	E	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M BSP	Vol. (L)	Juntas Seals Joints	Peso (kg) Weight Poids
702/1			100	300											0,20		4,3
702/150			150	350											0,29		5,1
702/2			200	400											0,39		5,6
702/250			250	450											0,49		6,3
702/3			300	500											0,59		6,8
702/350			350	550											0,69		7,6
702/4			400	600											0,79		8,0

Tabla 18: Propiedades del cilindro 702/150

Propiedad	Simbología	Valor
Diámetro émbolo	d_e	50 mm
Diámetro vástago	d_v	30 mm
Distancia soportes	E	350 mm
Carrera	Z	150 mm
Volumen	Vol	0,29 L
Peso	W	5,1 L
Diámetro exterior	d_g	60 mm
Conexión manguera	$Mbsp$	3/8" mm

Fuente: [42]

3.9.3 Caudal del sistema

$$v = \frac{Z}{t}$$

$$v = \frac{0,15}{10 \text{ s}}$$

$$v = 0,015 \frac{\text{m}}{\text{s}} = v_{av} = v_{ret}$$

- **Área de avance**

$$Q_{av} = \frac{\pi * de^2}{4}$$

$$Q_{av} = \frac{\pi * 0,05^2}{4}$$

$$Q_{av} = 0,00196 \text{ m}^2$$

- **Área de retroceso**

$$A_{ret} = \frac{\pi(de^2 - dv^2)}{4}$$

$$A_{ret} = \frac{\pi(0,05^2 - 0,03^2)}{4}$$

$$A_{ret} = 0,00126 \text{ m}^2$$

- **Caudal de Avance**

$$Q_{av} = v * A_{AV}$$

$$Q_{av} = 0,015 \text{ m/s} * 0,00196 \text{ m}^2$$

$$Q_{av} = 2,94 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Caudal retroceso**

$$Q_{ret} = v * A_{ret}$$

$$Q_{ret} = 0,015 \text{ m/s} * 0,00126 \text{ m}^2$$

$$Q_{ret} = 1,89 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Caudal máximo**

$$Q_{max} = Q_{av} + Q_{ret}$$

$$Q_{max} = (2,94 + 1,89) * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{max} = 2,9 \text{ lt}/\text{min}$$

3.9.4 Bomba hidráulica

$$P = 14 \text{ MPa} = 200 \text{ Psi}$$

$$Q = 2,9 \text{ lt}/\text{min}$$

Tabla 19: Bomba hidráulica series Polaris. [43]

POLARIS 10	Desplazamiento volumétrico	Presión continua máxima.(◆)	Velocidad máxima
	cm ³ /rev (in ³ /rev)	bar (psi)	min ⁻¹
PL. 10•1	1,07 (0.07)	260 (3750)	4000
PL. 10•1,5	1,60 (0.10)	260 (3750)	4000
PL. 10•2	2,13 (0.13)	260 (3750)	4000
PL. 10•2,5	2,67 (0.16)	260 (3750)	4000
PL. 10•3,15	3,34 (0.20)	260 (3750)	4000
PL. 10•4	4,27 (0.26)	250 (3600)	4000
PL. 10•5	5,34 (0.33)	250 (3600)	4000
PL. 10•5,8	6,20 (0.38)	230 (3350)	3500
PL. 10•6,3	6,67 (0.41)	230 (3350)	3500
PL. 10•8	8,51 (0.52)	180 (2600)	3500
PL. 10•10	10,67 (0.65)	140 (2050)	3500

3.9.5 Motor eléctrico

- **Velocidad del motor (rpm)**

$$\omega = \frac{Q * n * 1000}{Dv}$$

$$\omega = \frac{2,9 \text{ lt/min} * 0,9 * 1000}{3,34 \text{ cm}^3/\text{rev}}$$

$$\omega = 781,44 \text{ rpm}$$

- **Potencia del motor (Pr)**

$$Pr = \frac{Q * P}{n}$$

$$Pr = \frac{4,84 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} * 14 * 10^6 \text{ N/m}^2}{0,9}$$

$$Pr = 751,3 \text{ W} = 1 \text{ HP}$$

- **Caudal de la bomba (Q_B)**

$$Q_B = \frac{Dv * w}{1000 * n}$$

$$Q_B = \frac{3,34 \text{ cm}^3/\text{min} * 855 \text{ rev/min}}{1000 * 0,755}$$

$$Q_B = 3,78 \text{ lt/min}$$

$$SI Q_B > Q_{max}$$

$$SI 3,78 > 2,9$$

Tabla 20: Selección de motor eléctrico. [44]

Voltaje nominal	Polos	Potencia	Carcasa	Ip / In	Par de arranque	Par máxima	Momento de inercia	Tiempo de rotor bloqueado	Masa aproximada	Nivel de ruido	Factor de Servicio	
		KW										
208-230/460V	2	0.12	63	Carcasa Estándar	6.3	330%	320%	0.00010 kgm ²	30 s	5.7 kg	56 dB(A)	1.25
208-230/460V	2	0.12	63	Carcasa Estándar	5.4	350%	380%	0.00013 kgm ²	32 s	6.9 kg	52 dB(A)	1.00
208-230/460V	2	0.12	63	Carcasa Estándar	5.4	350%	380%	0.00013 kgm ²	32 s	6.9 kg	52 dB(A)	1.00
208-230/460V	2	0.12	63	Carcasa Estándar	5.4	350%	380%	0.00013 kgm ²	32 s	6.9 kg	52 dB(A)	1.00

3.9.6 Aceite hidráulico

Velocidad máxima: 4m/s

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{4,83 * 10^{-5}}{4 \text{ m/s}}$$

$$A = 1,2 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

- **Diámetro mínimo de mangueras**

$$d_i = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4 * 1,2 * 10^{-5}}{\pi}}$$

$$d_i = 4 \text{ mm}$$

Se escoge entre 1/4'' a 3/8'' independientemente de los acoples de la bomba y pistón

3.10 Simulación de bordonado

El modelado se llevó a cabo mediante el software Ansys SpaceClaim y se dividió con la colaboración de la empresa "INOX TEC", la cual tiene experiencia recurrente en trabajos de bordonado con tanques de este tipo.

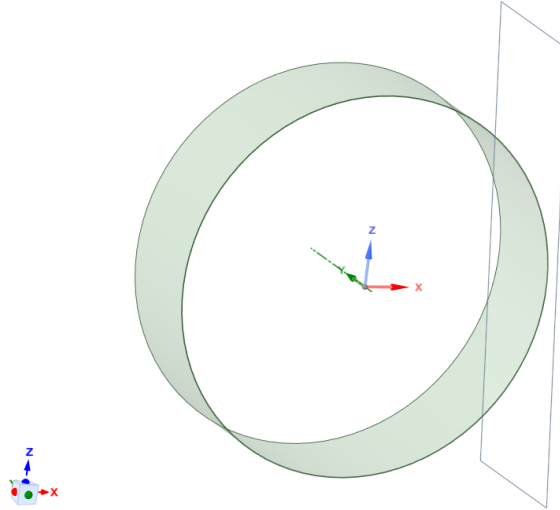


Figura 58: Modelado de tanque

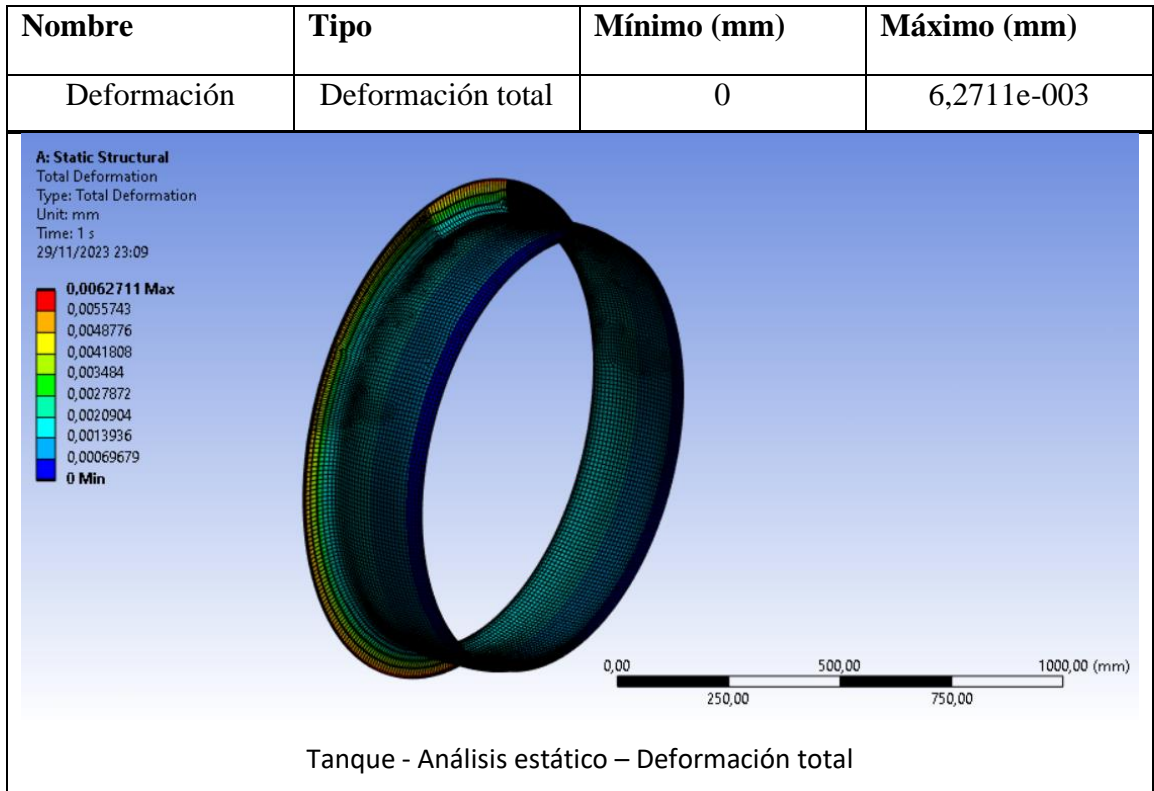
Las dimensiones del tanque son de 1000 mm x 300 mm, con un espesor de 4 mm. Se llevará a cabo un análisis estructural para evaluar tanto su deformación total como la deformación máxima.

3.10.1 Análisis Estructural

A continuación, se presentará los resultados obtenidos una vez realizado el análisis para la estructura del tanque, estos cálculos son los que serán determinantes para conocer la deformación en los puntos iniciales del tanque para el correcto bordonado.

a) Deformación total

Tabla 21: Resultado de la deformación total del tanque



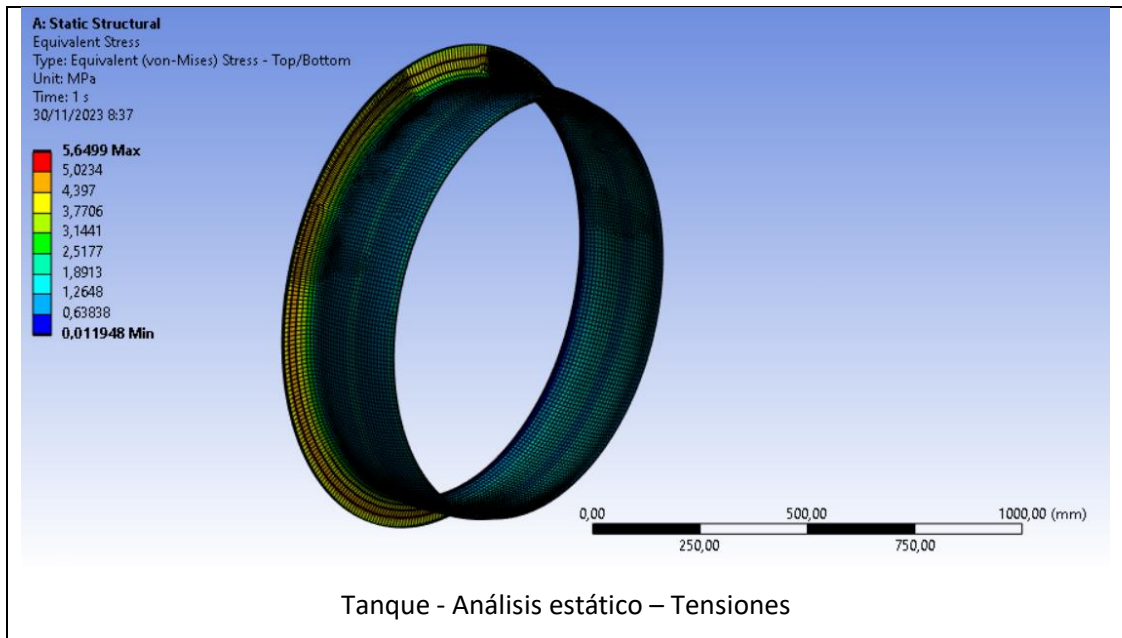
Fuente: Autor

La deformación total del tanque cumple con las expectativas de la empresa, ya que, según el análisis, se evidenció una expansión de 4 mm hacia el exterior durante el proceso de bordonado. Este resultado asegura que el tanque sea lo bastante robusto frente a la deformación plástica, lo que conlleva alteraciones en propiedades como la dureza, elasticidad y resistencia.

b) Tensión por von Mises

Tabla 22: Resultado de tensión von Mises del tanque

Nombre	Tipo	Mínimo (Pa)	Máximo (Pa)
Tensiones	Tensión de von Mises	1,1948e-002	5,6499

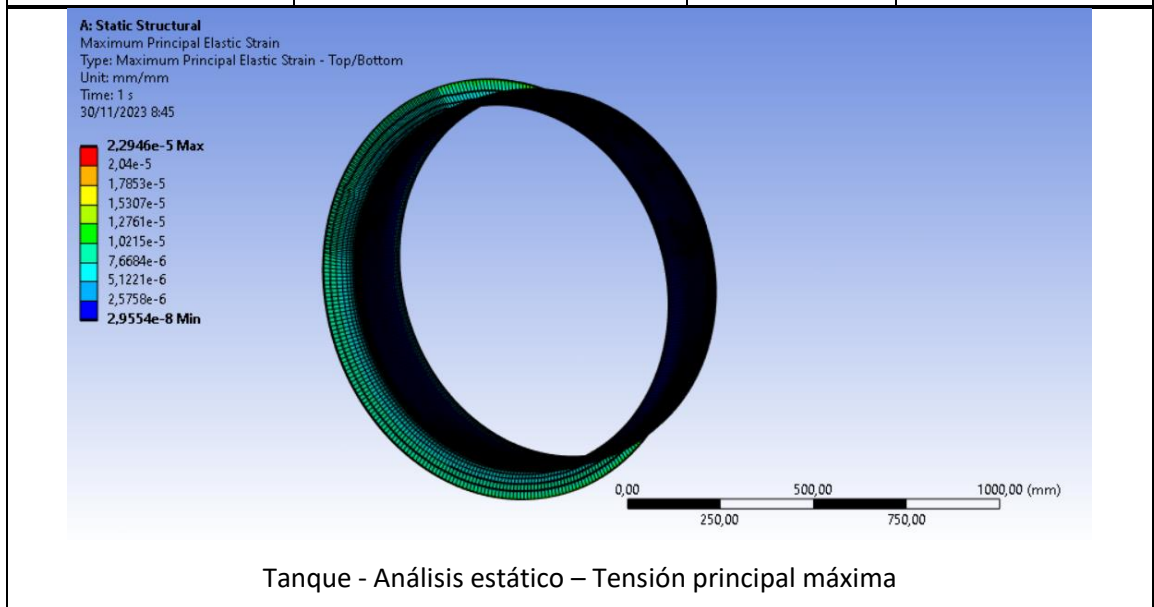


Fuente: Autor

c) Tensión principal máxima

Tabla 23: Resultado de la tensión principal máxima

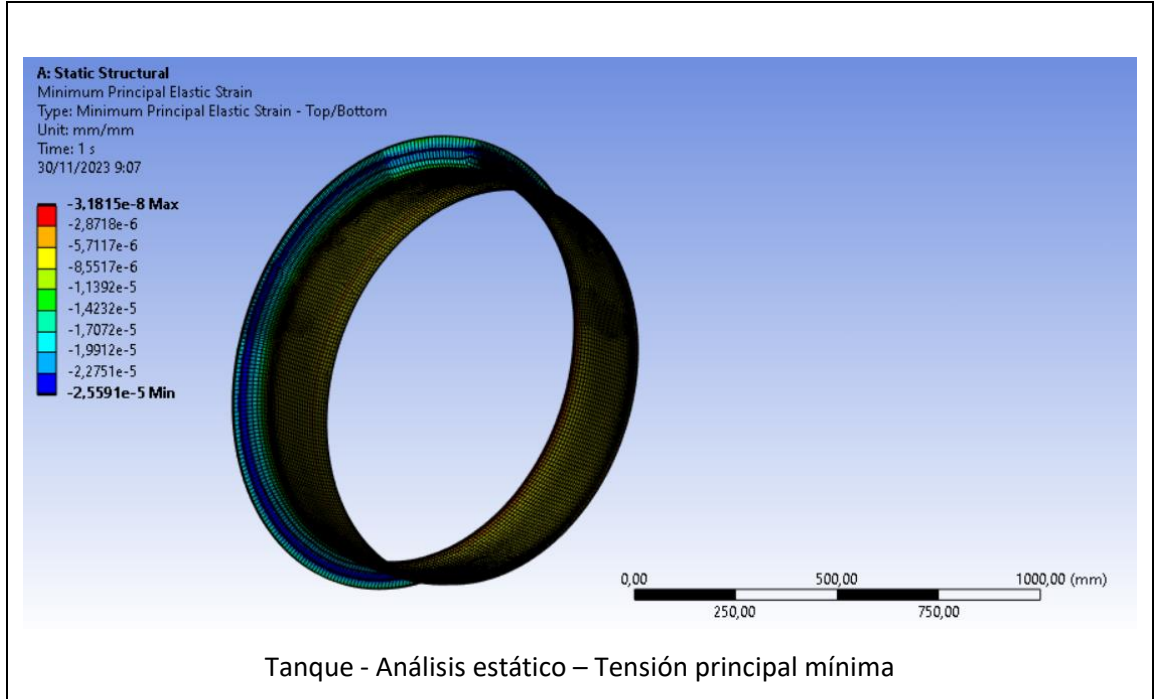
Nombre	Tipo	Mínimo (Pa)	Máximo (Pa)
Tensiones	Tensión principal máxima	2,9554e-008	2,2946e-005



d) Tensión principal mínima

Tabla 24: Resultado de la tensión principal mínima

Nombre	Tipo	Mínimo (Pa)	Máximo (Pa)
Tensiones	Tensión principal mínima	-2,5591e-005	-3,1815e-008

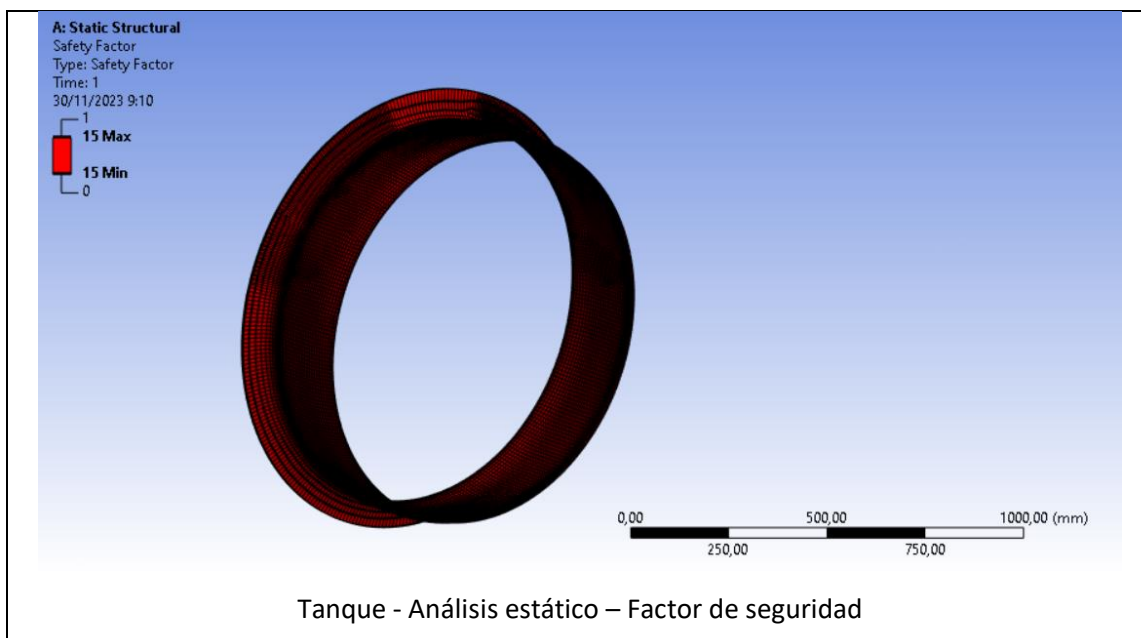


Fuente: Autor

e) Tensión principal mínima

Tabla 25: Resultado de la tensión principal mínima.

Nombre	Tipo	Mínimo	Máximo
Factor de seguridad	Factor de seguridad	15	15



Fuente: Autor

Determinamos que el factor de seguridad mínimo proporcionado por la simulación tiene un valor de $n = 15$, esto cuando se trabaja con la bordonadora a su máxima capacidad, por medio de los datos obtenidos se puede asegurar que el tanque de 3 mm de espesor soportara adecuadamente las fuerzas que se generan durante el proceso de bordonado.

3.11 Presupuesto

En esta parte, se lleva a cabo la evaluación económica del proyecto relacionado con la máquina bordonadora. Se examinan tres aspectos fundamentales, que comprenden el costo asociado a la mano de obra y la utilización de maquinaria y herramientas, así como los costos vinculados a los elementos mecánicos y eléctricos.

3.11.1 Estructura

Tabla 26: Costo de la estructura

Estructura				
Elemento	Unidad	Cantidad	V.unitario \$	Costo final \$
Placa (510X346X10 mm) ASTM A36	U	2	45,7	91,4
Soportes (156X150X10 mm) ASTM A36	U	2	36,4	72,8
Placa (510X430X10 mm) ASTM A36	U	2	52,3	104,6
			Subtotal	\$ 268,80

3.11.2 Mecanismo

Tabla 27: Costos de materiales para el mecanismo

Mecanismo				
Elemento	Unidad	Cantidad	V.unitario \$	Costo final \$
Soporte posterior eje superior ASTM A36	U	1	25,45	25,45
Eje superior 2 in. AISI 1045	Metro	1	245	245
Eje inferior 3 in. AISI 1045	Metro	1	300	300
Soporte frontal eje superior ASTM A36	U	1	30,48	30,48
Rodamiento SKF NU 6012	U	4	48,19	192,76
Rodamiento SKF NU 6013	U	4	62,45	249,8
Rodillo superior AISI 1045	U	1	18,45	18,45
Rodillo inferior AISI 1045	U	1	20	20
Pinon 31-M4 AISI 4140	U	2	48	48
Engranajes AISI 4140	U	2	33	33
Cadena doble 08B-2	U	1	12	12
Pernos, tuercas, arandelas	U			
Perno cabeza hexagonal 1X1 1/2 pulgadas	U	5	2,6	13
Rodela de presión 1 pulgada	U	8	0,26	2,08
Rodela plana 3/8 pulgada	U	10	0,13	1,3
Rodela plana 1 pulgada	U	10	0,18	1,8
Tornillo de cabeza hueca hexagonal 3/8X1 pulgadas	U	6	0,2	1,2
Tornillo prisionero 3/8X 1 1/4	U	4	0,12	0,48
Tornillo prisionero 3/8X2	U	4	0,15	0,6
PIN 3/4	U	2	1,55	3,1
			Subtotal	\$ 1.198,50

3.11.3 Sistema hidráulico

Tabla 28: Costos de componentes del sistema hidráulico

Sistema hidráulico				
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario \$	Costo final
Bomba de engranaje 20 Mpa	U	1	292,43	292,43
Acople Motor-Bomba	U	1	120,2	120,2
Actuador hidráulico	U	2	496,16	992,32
Aceite hidráulico Grado 68 Texaco	U	1	60,9	60,9
Válvula direccional 4/3 vias	U	2	244,97	489,94
Válvula reguladora de presión	U	1	160	160
Indicador de nivel	U	1	28,36	28,36
Manómetro 2000 PSI	U	2	27,8	55,6
Filtro de aspiración	U	1	32,55	32,55
Neplo perdido 1/2 presión	U	3	4,7	14,1
Neplo perdido 1/2 a 3/4	U	2	4,5	9
Neplo perdido 3/8 presión	U	2	4,9	9,8
Tee hembra 1/2 presión	U	4	12	48
Taponés presión ½	U	2	1,39	2,78
Neplo con taponés 1 1/4	U	3	2,9	8,7
			Subtotal	\$2.324,68

Tabla 29: Costos de mangueras hidráulicas

Mangueras hidráulicas				
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario \$	Costo Final \$
Mangueras hidráulicas armadas 1/2" x 1000mm	U	4	35	140
Mangueras hidráulicas armadas 5/8" x 2000 mm	U	4	62,7	250,8
Manguera hidráulica 3/4 x 1000 mm	Metro	2	6,2	12,4
2. Otros				
Galon de pintura anticorrosiva	Gl	1	5,2	5,2
galon de tiñer laca	Gl	1	4,7	4,7
			Subtotal	413,1

Tabla 30: Costo total del sistema hidráulico

Costo total del sistema hidráulico	
Elementos	2324,68
Mangueras hidráulicas	413,1
Subtotal	\$ 2737,78

3.11.4 Sistema eléctrico

Tabla 31: Costos de materiales para el sistema eléctrico

Sistema Eléctrico				
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario \$	Costo Final \$
Motor eléctrico ABB	U	1	377,36	378,36
Pulsador NC 22 mm CAMSCO	U	1	1,73	2,73
Pulsador NA 22 mm CAMSCO	U	1	1,73	2,73
Pulsador de enganche tipo hongo NC 30 mm CAMSCO	U	1	4,25	5,25
Micro switch HY_L707A PICA CORTA HANYOUNG	U	1	4,79	5,79
Contactador GMC 220 V	U	1	16,35	17,35
Luz Piloto AD16-22D/S110-220 V CAMSCO	U	1	1,58	2,58
Caja plástica 220x170x120 mm	U	1	11,05	12,05
Cable flexible calibre 14 AWG INCABLE	metro	8	0,28	8,28
Cable flexible multipolar calibre 3X14 AWG INCABLE	metro	4	1,99	5,99
Relay térmico LG GTK-22 9-13A	U	1	26,93	27,93
Enchufe trifásico	U	1	7,87	8,87
Breaker para riel C60N 3P 16A CAMSCO	U	1	13,61	14,61
Tornillo M4 40 mm	U	3	0,03	3,03
Tornillo M4 20 mm	U	4	0,02	4,02
Tuerca M4	U	6	0,01	6,01
			Subtotal	\$505,58

3.11.5 Mano de obra

Tabla 32: Costos de mano de obra para la construcción

Costo de mano de obra			
Operarios	Horas de trabajo	Costo por hora \$	Sub total \$
Metal mecánico	220	3	660
Ayudante	350	2,5	875
Subtotal			\$1.535

3.11.6 Maquinaria y Herramientas

Para determinar el coste de la maquinaria y herramientas, se realiza una estimación basada en el tiempo, medido en horas, que las máquinas requieren para llevar a cabo la construcción de la bordonadora.

Tabla 33: Costos de máquinas herramientas

Costo Herramientas y maquinas			
MÁQUINAS	Horas de trabajo	Costo por hora \$	Sub total \$
Soldadora	15	8	120
Fresadora	50	10	500
Taladro de pedestal	20	6	120
Torno Revolver	30	10	300
Amoladora	40	3	120
HERRAMIENTAS	30	2	60
Subtotal 6			\$1.220

3.11.7 Costo total

Tabla 34: Costo total para la construcción de equipo

Costo Total	
Estructura	\$ 268,80
Mecanismo	\$ 1.198,50
Sistema hidráulico	\$ 2324,68
Sistema eléctrico	\$ 505,58
Mano de obra	\$ 1.535
Uso de maquinaria y herramientas	\$ 1.220
Total	\$ 7.052,56

Una vez completado el cálculo de los costos individuales de cada componente y sistema de la máquina bordonadora, sumado al costo de mano de obra y herramientas, se obtiene un costo total de la máquina de 7.052,56 dólares, monto necesario para llevar a cabo la fabricación de la máquina.

3.12 Especificaciones técnicas

Tabla 35: Datos técnicos de la máquina


MAQUINA HIDRAULICA BORDONADORA DE TANQUES		INOXTEC
CARACTERISTICAS GENERALES		
ALTURA: 1200mm	ANCHO: 600 mm	LARGO: 1500 mm
CARACTERISTICAS TECNICAS	FOTO DE LA MAQUINA-EQUIPO	
<ul style="list-style-type: none"> • Grosor del laminado: hasta 4 mm. • Profundidad de garganta: 300 mm • Velocidad de rodamiento: 15,3 rpm • Potencia del motor: 1HP • Control de interruptor de pedal N./G. Peso: 430/500 kg		
FUNCION		
<ul style="list-style-type: none"> • La máquina se utiliza para rebordear y formación de bridas, especialmente en conductos redondos. • Toda la estructura soldada de acero. • El eje del rodillo inferior es impulsado por motor. • El eje del rodillo superior está inactivo y es ajustable por cilindro hidráulico, con pantalla digital para una configuración rápida. 		

3.13 Manual de operación y mantenimiento de la máquina bordonadora hidráulica

Este manual de operación y mantenimiento se ha creado con el propósito de brindar asistencia en cuestiones de seguridad, permitiendo optimizar plenamente el rendimiento de la bordonadora hidráulica de manera segura y fiable. Su objetivo es prevenir posibles averías mecánicas derivadas de un uso inadecuado del equipo.

Importante:

ADVERTENCIA

Es crucial leer de manera cuidadosa y atenta este manual de instrucciones. Se empleará un símbolo  seguido de las palabras ADVERTENCIA para resaltar información especial con significados específicos. Dichos significados serán aplicables a menos que se indique lo contrario en este manual. Se insta a prestar especial atención a los mensajes destacados por estas palabras indicadoras.

RECOMENDACIONES ANTES DE PONER EN FUNCIONAMIENTO LA BAROLADORA DE PERFILES.

Antes de poner en funcionamiento el equipo, es esencial proporcionar una capacitación adecuada al operador sobre el manejo seguro y correcto de la bordonadora hidráulica. Por lo tanto, se recomienda lo siguiente:

- Leer minuciosa y detenidamente el manual de operación y mantenimiento.
- El operador debe utilizar en todo momento los equipos de protección personal.
- Antes de iniciar el equipo, realizar una revisión exhaustiva para asegurarse de que todos los sistemas estén en condiciones óptimas; en caso contrario, sustituir la pieza averiada de inmediato.
- Verificar que el nivel de aceite sea el adecuado antes de encender el equipo.

- Realizar una inspección visual detallada del equipo para detectar posibles anomalías en los sistemas de la bordonadora hidráulica, como fugas de aceite hidráulico o fisuras en la estructura.
- Antes de poner en marcha el equipo, asegurarse de que los piñones del sistema mecánico estén debidamente lubricados; en caso contrario, realizar la lubricación correspondiente.
- Antes de iniciar el proceso de bordonado, verificar que los rodillos deformadores estén bien asegurados a los ejes giratorios del equipo.
- Antes de iniciar el proceso de bordonado, verificar que el sistema de mando responda de manera satisfactoria y asegurarse de que los pulsadores del tablero de control funcionen correctamente.
- Colocar con cuidado la pieza de trabajo en la bordonadora hidráulica, asegurándose de que se acople perfectamente en los rodillos deformadores. El operador controlará el avance y retroceso de los actuadores hidráulicos y la rotación de los rodillos deformadores mediante un panel de control para obtener el bordonado deseado.
- Finalmente, el operario retirará con cuidado el tanque o lámina de la máquina

PRECAUCIÓN

Evite utilizar la bordonadora hidráulica para propósitos distintos a los indicados en el manual de operaciones.

- Antes de ponerla en funcionamiento, asegúrese de que todos los elementos del equipo estén correctamente posicionados y ajustados.
- Compruebe que no haya herramientas u otros objetos sobre la bordonadora hidráulica antes de encenderla, ya que esto podría causar daños al equipo.
- Antes de realizar ajustes o mantenimiento, es crucial desconectar el circuito de control de la bordonadora de su fuente de alimentación para evitar posibles quemaduras por contacto eléctrico.

- La máquina bordonadora hidráulica se conecta exclusivamente a una tensión trifásica de 220V para su funcionamiento, ya que cuenta con un sistema hidráulico.
- El depósito hidráulico, con una capacidad total de 30 litros, se recomienda mantenerlo lleno al menos en una tercera parte, equivalente a aproximadamente 10 litros, para garantizar un funcionamiento adecuado del sistema.
- El aceite hidráulico recomendado para la máquina bordonadora hidráulica debe ser de grado ISO 68, especialmente indicado para trabajar con bombas de engranajes a altas velocidades, asegurando así un rendimiento óptimo del sistema hidráulico.
- El sistema hidráulico de este equipo opera con una bomba de engranajes y dos válvulas direccionales de accionamiento manual.

PRECAUCIÓN

- Suministro eléctrico de 220V.
- Observar con atención y seguir las normas de seguridad es crucial; la falta de precaución podría ocasionar daños graves tanto a la integridad personal como al equipo.
- Evitar colocar tanques o laminas fuera de las dimensiones especificadas en este manual sobre los rodillos deformadores, ya que esto podría resultar en la curvatura de los ejes del equipo.
- No manipular los circuitos electrónicos o de control con las manos mojadas, ya que esto podría dar lugar a descargas eléctricas.
- En la medida de lo posible, evitar el contacto de sustancias líquidas con los componentes del circuito de control.

3.13.1 Manual de mantenimiento

Todo equipo experimenta un proceso irreversible de desgaste en sus elementos con el tiempo. Sin embargo, es esencial tener en cuenta que una manipulación incorrecta por parte de los operarios o factores como el uso inapropiado de lubricantes, repuestos, entre otros, pueden acelerar el proceso de envejecimiento de las piezas, resultando en gastos muchas veces innecesarios. Los componentes principales de la máquina dobladora incluyen el sistema hidráulico, el mecanismo y el sistema eléctrico. A continuación, se detallan las actividades a realizar para asegurar un funcionamiento adecuado de cada uno de estos componentes:

Tabla 36: Cronograma de mantenimiento

Sistema	Componente	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Hidráulico	Aactuador	Limpeza externa																																																
		Revisión de fugas																																																
	Bomba	Revisión de funcionamiento																																																
		Limpeza externa																																																
	De depósito Hidráulico	Revisión de funcionamiento																																																
		Revisión de fugas																																																
		Limpeza externa																																																
		Revisión de niveles de fluido																																																
		Revisión de filtros																																																
		Cambio de filtros																																																
	Valvulas	Limpeza interna																																																
		Revisión de funcionamiento																																																
		Limpeza externa																																																
		Revisión de fugas																																																
Mecánico	Motorreductor	Revisión de velocidades de giro																																																
		Revisión de nivel de aceite																																																
		Lubricación de engranajes																																																
	Transmisión	Revisión de ejes																																																
		Engrasado de rodamientos																																																
		Revisión de alineación de rodillos deformadores																																																
		Revisión de brazo giratorio																																																
		Revisión de eje guía																																																
		Revisión de brazo guía de doblado																																																
		Revisión la unión motor - ejes																																																
Eléctrico	Contactor	Verificación de arranque del motor																																																
		Verificación de la tensión en la máquina																																																
		Verificación de pulsadores																																																
		Revisión de conexiones eléctricas																																																



CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se determinó que la fuerza necesaria para llevar a cabo la deformación plástica del tanque de acero inoxidable AISI 304, con dimensiones de 1000 milímetros de radio, 300 milímetros de altura y 4 mm de espesor, es de 11187,2 N. Esta fuerza guarda una relación directa con la resistencia a la fluencia del material (S_y).
- Con el objetivo de utilizar actuadores hidráulicos de menor diámetro y evitar que la máquina adquiriera dimensiones excesivas, se decidió trabajar con una presión de la bomba de 20 MPa. En este contexto, para generar una fuerza de 25000 N a dicha presión, se necesita un actuador con un diámetro de pistón de 60 mm. En contraste, si la presión fuera de 10 MPa, el actuador requeriría un diámetro de pistón de 93 mm.
- Se empleó un coeficiente de fricción de acero con acero de 0.3 para calcular la potencia esencial para deformar el tanque, obteniendo como resultado una potencia de 1 HP.
- La fuerza necesaria para llevar a cabo el bordonado del tanque de acero AISI 304 se cifra en 11187,2 N. Sin embargo, considerando la capacidad de la máquina para deformar tanques de mayores dimensiones, empleados en la producción de INOX TEC, se diseñó el equipo con una fuerza de 25000 N.
- La potencia requerida para el proceso de bordonado está directamente vinculada a la velocidad de rotación de los rodillos deformadores. Optamos por una velocidad de 17,5 rpm, resultando en una potencia de 1 HP.
- Utilizando el programa Ansys Workbench, calculamos el esfuerzo máximo requerido para el bordonado de $2,2946e-005$ (Pa), y el esfuerzo mínimo como de $-2,5591e-005$ (Pa) ideales dentro del análisis, con un factor de seguridad $n = 15$.

4.2 Recomendaciones

- Previo al encendido de la máquina, es esencial verificar el correcto funcionamiento de las válvulas direccionales, ya que son responsables de controlar el radio de curvatura.
- Asegurarse de contar con los materiales necesarios para la fabricación de los componentes del mecanismo, así como del sistema hidráulico, eléctrico y la estructura, verificando su disponibilidad en el mercado local y nacional.
- Siguiendo el cronograma de mantenimiento detallado en la Tabla 36, mantener los engranajes adecuadamente lubricados con el fin de reducir tanto el desgaste como el ruido.
- Antes de poner en funcionamiento el equipo, realizar una inspección para asegurarse de que no existan fugas de aceite hidráulico y verificar que la cantidad de fluido sea la adecuada mediante el indicador de nivel del depósito.
- Para proteger la bomba de posibles daños y detenciones innecesarias, se recomienda utilizar un filtro de aspiración antes de que el fluido hidráulico ingrese a la bomba.
- Al agregar fluido hidráulico al depósito, asegurarse de hacerlo en un entorno limpio para prevenir la entrada de impurezas que podrían dañar el sistema.
- Con el propósito de evitar accidentes, se aconseja desconectar la máquina de la fuente de alimentación antes de llevar a cabo cualquier limpieza, inspección o mantenimiento, según las indicaciones del manual de operación.
- Utilizar el fluido hidráulico específico mencionado en el manual de operación para prevenir pérdidas excesivas de presión, garantizando así que el actuador hidráulico genere la fuerza requerida para el bordonado del tanque.
- Durante el funcionamiento de los rodillos deformadores, mantener las manos alejadas y detener completamente la máquina antes de realizar cualquier ajuste en la posición del perfil en la matriz.

- Cumplir con un programa de mantenimiento regular para todos los componentes de la máquina, siguiendo el cronograma detallado en la Tabla 36.Q

5. Bibliografía

- [1] M. Barriuso, « [2017. \[En línea\].](https://www.maquinariabarriuso.com/magazine/tipos-de-bordonadoras,» 2018. [En línea].</p>
<p>[2] MAQFORT, «<a href=)
- [3] D. W. M. Ordoñez, “ESTUDIO DEL PROCESO DE ROLADO DE LÁMINAS METÁLICAS Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DE OPERACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE TANQUES INOXIDABLES EN LA EMPRESA INOX-TEC EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”, Ambato, 2010.
- [4] G. & D. N. & B. P. Varma, «Modelling of Supporting Jig For Bead Rolling Machine.,» Iosrjournals, p. 35, 2018.
- [5] M. S. Z. Valdez, "Análisis de resultados del proceso de mejora continua de maquinaria; Caso de estudio Tecnero S.A", Cuenca, 2015.
- [6] C. E. C. Bonito, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA HIDRÁULICA PARA DOBLAR TUBERÍA REDONDA DE ACERO AL CARBONO DE TRES Y CUATRO PULGADAS CÉDULA 40 CON ÁNGULOS DE 0 A 90°”, Ambato, 2016.
- [7] G. N. Àgora, « [12 Septiembre 2019. \[En línea\].](https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Productos/Bordonadoras.html,» Interempresas Media, S.L.U, 2019. [En línea].</p>
<p>[8] Maquiclick, «<a href=)
- [9] R. M. S.A, «[99](https://www.interempresas.net/MetalMecanica/MercadoDeOcasion/Ofertas/Bordonadoras.html?ids_epigraf=108503&es_segona_ma=true&offset=0&oo=%C3%B2%C3%B3&referencia=0/2207243,» 2017. [En línea].</p>
</div>
<div data-bbox=)

- [10] SoloStocks, «<https://www.solostocks.com/venta-productos/maquinaria-metalurgica/otra-maquinaria-metalurgica/bordonadora-de-chapa-para-4-0-mm-hidraulica-43537952>,» Grupo Intercom, 2000. [En línea].
- [11] R. W. STR, Catalogo de Aplicaciones para rodillos de bordonadora, 2006.
- [12] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, «<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1623.pdf>,» 2009. [En línea].
- [13] I. E. D. NORMALIZACION, «<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/134.pdf>,» 2009. [En línea].
- [14] I. E. D. NORMALIZACION, «<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/122-1.pdf>,» 2013. [En línea].
- [15] I. E. D. NORMALIZACION, «https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_12100-2.pdf,» 2003. [En línea].
- [16] A. J. M. Donaire, Análisis del efecto del gradiente de deformaciones en el conformado de chapa metálica, Sevilla, 2012.
- [17] J. R. L. C. M. J. C. d. R. R. Montes, PROCESOS INDUSTRIALES PARA MATERIALES METALICOS, Madrid: VISION NET, 2017.
- [18] J. A. Schey, PROCESOS DE MANUFACTURA, Mexico, 2000, p. 638.
- [19] B. Garcia, «What is the relevance of plastic deformation in the process of mechanical forming of metal sheet,» p. 7, 2021.
- [20] R. D. ZHU, Procesos de conformado en frío y corte fino en frío, propiedades del material, manual de diseño de piezas, ISBN 13, 1991.
- [21] O. Zienkiewicz, El método de elementos finitos, Barcelona: Reverté, 2018.
- [22] L. M. M. A. N. G. R. García-Cuevas González, Mecánica de fluidos computacional: tipos de mallas y calidad del mallado, Valencia, 2020.
- [23] FACCCIN, «<https://www.faccin.com/es/productos/fondos-bombeados/>,» [En línea].
- [24] D. M. C. LTDA, «Catalogo de Acero,» [En línea].
- [25] J. E. Q. y J. P. Taco, «Construcción de un prototipo de dobladora manual para perfiles cuadrados de acero SAE 1018 de 20 y 25.4 mm,» 2009. [En línea].
- [26] W. I. SRL, «<https://www.widman.biz/Seleccion/viscosidad.html>,» [En línea].

- [27] H. D. B. Arevena, «Diseño y calculo de una maquina curvadora de perfiles para la empresa metal mecánica AGS INGENIEROS LIMITADA,» 2010. [En línea].
- [28] R. G. B. y. J. K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Mexico: Octava edicion , 2008.
- [29] G. Flores, Diseño y construccion de una maquina bordonadora de tubos, 2015.
- [30] B. S. y. M. T. D. Merkle, «Hidráulica nivel básico TP 501,» [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/31369205/hidraulica-basico>.
- [31] G. Miller, «Open ISBN,» [En línea]. Available: <http://ww16.openisbn.com/preview/087263633X/?sub1=20230530-0316-3368-aa4e-74270e185c8c>.
- [32] Electronilab. [En línea]. Available: <https://electronilab.co/tienda/interruptor-de-encendido-y-apagado-on-off/>.
- [33] J. L. Kirtley, «Motor Selection and Application Handbook,» Indiana, 2017.
- [34] S.-H. Kim, «Electric Motor Control: DC, AC, and BLDC Motors,» vol. Primera Edicion , 2017.
- [35] R. L. Norton, Machine Design.
- [36] S. P. Radzevich, Fundamentals of Gear Design, CRC Press.
- [37] T. A. H. y. M. N. Kotzalas, Rolling Bearing Analysis, Boca Raton: CRC Press, 2006.
- [38] P. Hannifin, Hydraulic Cylinder and Seal Reference Handbook, CRC Press, 2015.
- [39] A. Subic, Chain Drives: Classification, Selection, and Application, CRC Press, 2013.
- [40] R. G. B. J. K. Nisbett, Diseno en ingenieria mecanica de Shigley, Novena ed., P. E. R. Vázquez, Ed., Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA, 2008.
- [41] C. IRSACERO, «<http://iirsacero.com.mx/wp-content/uploads/2019/08/Ficha-T%C3%A9cnica-Acero-4140-iirsacero.pdf>,» 2019. [En línea].
- [42] CICROSA, «<https://www.cicrosa.com/index.php/productos/catalogo-general/>,» 2014. [En línea].
- [43] CASSAPA, «<https://pdf.directindustry.es/pdf/casappa/products-presentation/14405-439799.html>,» 2014. [En línea].

- [44] WEG, «https://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp,» 2016. [En línea].
- [45] D. M. C. LTDA, «<https://www.dipacmanta.com/Catalogos-descargas/catalogo-2020.pdf>,» 2020. [En línea].
- [46] G. P. M. Flores, Diseño y construcción de una maquina bordonadora de tubos, 2015.

Anexos

Anexo 1. Propiedades de planchas de acero inoxidable

Fuente: PROACERO S.C.C.



PLANCHAS

ACERO INOX

MATE 316



Espesor	Ancho	Largo	Peso aprox.
mm.	mm.	mm.	Kg.
2.0	1220	2440	47.86
3.0	1220	2440	71.79

MATE 202



Espesor	Ancho	Largo	Peso aprox.
mm.	mm.	mm.	Kg.
0.7	1220	2440	16.75
1.0	1220	2440	23.83
1.5	1220	2440	35.18

PULIDA MATE 304



Espesor	Ancho	Largo	Peso aprox.
mm.	mm.	mm.	Kg.
0.6	1220	2440	14.30
0.7	1220	2440 / 3000	16,75/20,59
0.9	1220	2440	21.54
1.0	1220	2440 / 3000	23,87/29,33
1.2	1220	2440	28.64
1.5	1220	2440 / 3000	35,18/43,25
2.0	1220	2440	47.86

MATE ANTIDESLIZANTE



Espesor	Ancho	Largo	Peso aprox.
mm.	mm.	mm.	Kg.
2.0	1220	2440	47.86
3.0	1220	2440	71.61

OTRAS MEDIDAS PREVIA CONSULTA

¿Necesitas Ayuda? Llámamos: 0984 620 818 / 0984 321 432
0984 620 816 / 0995 487 820

Av. 6 de Diciembre N55-20 y los Pinos
QUITO - ECUADOR



PROACERO S.C.C.
PROVEDOR DE ACERO SOCIEDAD CIVIL COMERCIAL

Anexo 2. Propiedades de varillas de acero inoxidable

Fuente: PROACERO S.C.C.



ÁNGULOS, PLATINAS Y VARILLAS INOX

VARILLAS INOX



Diámetro	Longitud	Peso aprox.
Plg.	mm.	Kg.
3/16	6000	0.72
1/4	6000	1.51
5/16	6000	2.36
3/8	6000	3.4
1/2	6000	6.03
5/8	6000	9.43
3/4	6000	13.56
7/8	6000	18.47
1	6000	24.11
1 1/4	6000	37.67

OTRAS MEDIDAS PREVIA CONSULTA

¿Necesitas Ayuda? Llámanos: 0984 620 818 / 0984 321 432
0984 620 816 / 0995 487 820

Av. 6 de Diciembre N55-20 y los Pinos
QUITO - ECUADOR



PROACERO S.C.C.
PROVEEDORES DE ACERO SOCIEDAD CIVIL COMERCIAL


Anexo 3. Propiedades de tubo cuadrado

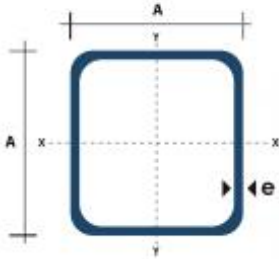
Fuente: Catalogo de DIPAC

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO


Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 100B
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1.20mm a 5.00mm





A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Dimensiones		Área		Ejes X-Xe Y-Ye		
			Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³	I cm ³		
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77			
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74			
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72			
25	1.2	0.90	1.14	1.06	0.87	0.97			
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95			
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92			
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18			
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15			
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13			
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25			
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56			
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54			
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52			
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97			
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94			
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91			
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39			
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34			
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97			
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92			
75	4.0	8.69	10.95	89.98	24.00	2.87			
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99			
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94			
100	4.0	12.13	14.95	228.09	45.22	3.89			
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84			



www.dipacmanta.com

Anexo 4. Propiedades del acero AISI 1045

Fuente: PROACERO S.C.C.

ACEROS ESPECIALES
Para aplicaciones Industriales

 **Cía. General de Aceros**

Acero Grado Ingeniería

Referencia:
Aceros al Carbono



AISI / SAE: 1045



Composición química (%)			
C	0.43 - 0.50	P	0.04 Max.
Mn	0.60 - 0.90	S	0.05 Max.
Si	0.20 - 0.40		

Dureza de suministro 180 - 220 HB.

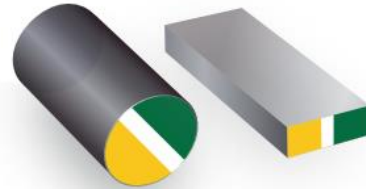
EQUIVALENCIAS EN OTRAS NORMAS

NORMAS	NOMBRE
AISI SAE	1045
DIN	CK45
AFNOR	XC45
UNI	C45
BS	060 A45

Características:

Acero de medio carbono, posee baja soldabilidad y buena maquinabilidad, responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción. Por su dureza y tenacidad es utilizado para la fabricación de componentes de maquinaria.

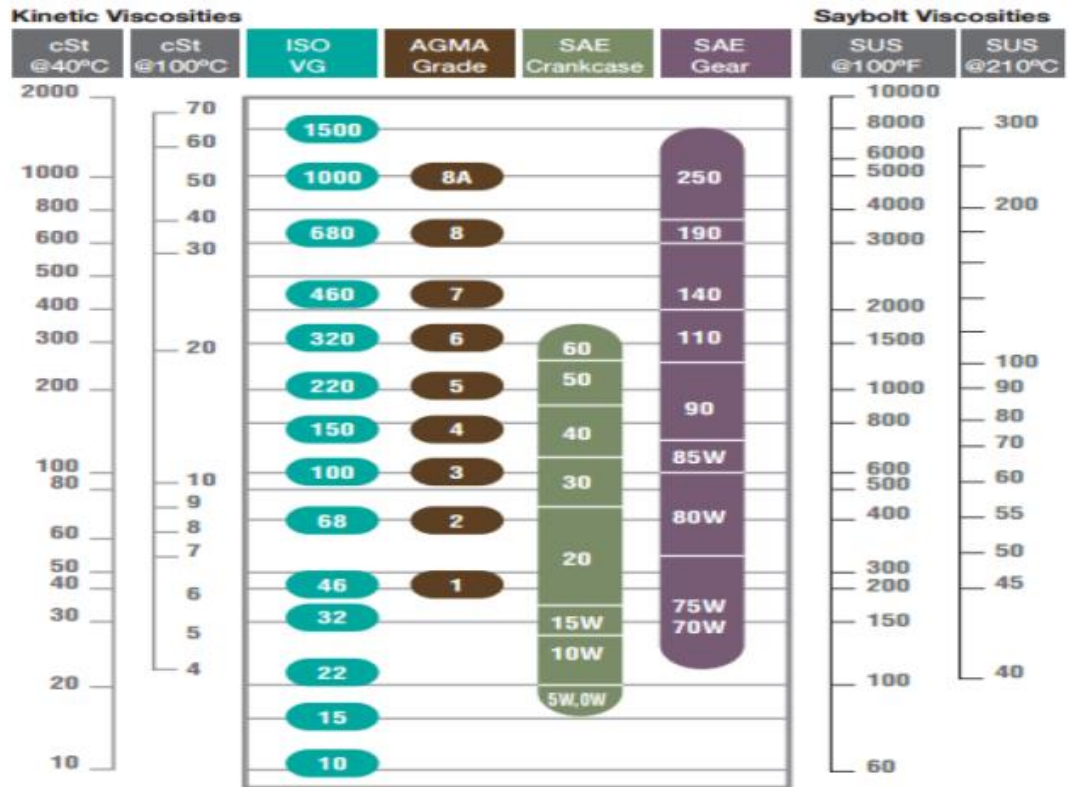
Usos: Por sus características de temple, se tiene una amplia gama de aplicaciones automotrices y de maquinaria en general de resistencia media, tales como: ejes, cigüeñales, engranajes, piñones, cuñas, tornillos, pernos, pasadores, partes de maquinaria y herramientas agrícolas.



Láminas desde 15.88 mm hasta 300 mm de espesor

Estado de Suministro	Resistencia tracción kg/mm ²	Límite elástico kg/mm ²	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza brinell HB
Laminado en Caliente	60	32	> = 16	> = 40	180/220
Calibrado	60	42	> = 16	> = 40	180/220

Anexo 5. Tabla de viscosidades



Clase SAE	ISO VG	Campos de aplicación
30	100	Equipos estacionarios en ámbitos cerrados con temperaturas altas
20,20W	68	
10W	46	Con temperaturas normales
5W	32	
	22	Aplicaciones expuestas a la intemperie
	(15)	En zonas frías
	10	

Anexo 6. Tabla de temperaturas y viscosidades de elementos hidráulicos

Dispositivo	Viscosidad mínima (mm²/s- SUS)	Temperatura máxima °C	Viscosidad recomendada (mm²/s- SUS)	Viscosidad máxima de arranque en frío (mm²/s- SUS)	Temperatura mínima °C
Cilindros	7 a 12 (48,79 a 66,03)	85 a 115	12 a 80 (66,03 a 370,3)	860 a 1600 (3981 a 7406)	(-20 a -40)
Motores y bombas de engranaje	10 (58,91)	80		1000 a 1600 (4629 a 7406)	-20
Motor hidrostático	7 848,79)	95		1000 a 1600 (4629 a 7406)	- 40
Válvulas proporcionales	10 (58,91)	90		460 (2129)	- 30
Válvulas de bloque	12 (66,03)	82		440 (2037)	- 30
Válvulas electrohidráulicas	12 (66,03)	82			
Válvulas de émbolo	6 (45,59)				
Motores orbitales	12 a 20 (66,03 a 97, 69)	90	20 a 80 (97,69 a 370,3)	1500 (6,944)	

Anexo 7. Propiedades del acero AISI 1018

Fuente: Catalogo de DIPAC



EJES ACERO DE TRANSMISIÓN



Especificaciones Generales

Calidad: AISI 1018

Descripción: Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.

Aplicaciones: Levas, uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado 3

Longitud: 5 m

Composición Química				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 0,005

Dimensiones			
Diámetro			
3/8"			
1/4"			
5/8"			
3/4"			
7/8"			
1"			
1 1/4"			
1 1/2"			
1 3/4"			
2"			
2 1/4"			
2 1/2"			
2 3/4"			
3"			
4"			
5"			
6"			

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm ²)	Punto de fluencia (N/mm ²)	Elongación %Min.	Dureza BOKWELL B
410 - 520	235	20	143



www.dipacmanta.com

Anexo 8. Propiedades mecánicas del acero ASTM A- 36

Fuente: Catalogo de DIPAC

PLANCHAS LAMINADAS AL CALIENTE



Especificaciones Generales

Espesores 1,20mm a 150,00mm
Rolls Ancho 1000mm, 1220mm, 1500mm
Planchas 4 x 8 pies y a medida

Calidad Comercial

Calidad	Composición Química							Propiedades Mecánicas				Norma Equivalente
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%AL	%CU	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°		
JIS G3131 SPHC	0,08 0,13	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,05 max	0,02 0,08	0,2 max	270 min	29 min	0= 0e	SAE 1010 ASTM A-669	
SAE 1008	0,03 0,1	0,25 0,5	0,02 max	0,025 max	0,04 max	0,02 0,08	0,2 max				JIS G3132 SPHT1	
SAE 1012	0,1 0,15	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,03 max	0,02 0,08	0,2 max				ASTM A-635 ASTM A-670 GRADO 33	

Calidad Estructural

Norma	Composición Química							Propiedades Mecánicas					Norma Equivalente
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°		
ASTM A-588M Grado A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min			
ASTM A-283 Grado C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015	
JIS G-3101 5541 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36	
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min			
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e		

PLANCHAS

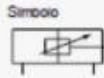
Anexo 9. Características del Actuador Hidráulico

Fuente: CICROSA

Cilindro hidráulico estándar
Doble efecto con vástago simple Serie **CH2E/CH2F/CH2G/CH2H**



Página 75



Referencias de las fijaciones de montaje de los detectores magnéticos

Modelo	Diámetro (mm)	Modelo detector magnético			
		D-A3, D-A4 D-G3, D-K3	D-B5, D-B6 D-G5, D-K5	D-A5, D-A6 D-F5, D-J5	
CH2E	32	-	BA-32	BT-06	
	40	BD1-04M	BA-04	BT-06	
	50	BD1-05M	BA-05	BT-06	
	63	BD1-06M	BA-06	BT-06	
	80	BD1-08M	BA-08	BT-16	
100	BD1-10M	BA-10	BT-18		
CH2F	32	-	BAF-32	BT-06	
	40	BDS-04M	BAF-04	BT-06	
	50	BDS-05M	BAF-05	BT-06	
	63	BDS-06M	BAF-06	BT-06	
	80	BDS-08M	BAF-08	BT-16	
100	BDS-10M	BAF-10	BT-18		
CH2H	32	-	BGG1-032	BT-06	
	40	BD1-04M	BH2-040	BT-06	
	50	BD1-05M	BH2-050	BT-06	
	63	BD1-06M	BA-06	BT-06	
	80	BH1-080	BH2-080	BT-16	
100	BH1-100	BH2-100	BT-18		

Modelos

Modelo	CH2E	CH2F	CH2G	CH2H
Material del tubo	Aleación aluminio	Acero inoxidable	Acero	Acero inoxidable
Presión nominal	3.5MPa	7MPa	14MPa	14MPa
Diámetro	32, 40, 50, 63, 80, 100mm			
Detección magnética	Aplicable	Aplicable	—	Aplicable

Características técnicas

Modelo	CH2E	CH2F	CH2G	CH2H
Funcionamiento	Doble efecto con vástago simple			
Fluido	Aceite hidráulico			
Presión nominal	3.5MPa	7MPa	14MPa	
Presión máxima admisible	3.5MPa	Trasera: 9MPa Delantera: Vástago B 13.5MPa : Vástago C 11MPa	Trasera: 18MPa Delantera: Vástago B 18MPa : Vástago C 14MPa	
Presión de prueba	5.0MPa	10.5MPa	21MPa	
Presión mínima de trabajo	Cuando el lado trasero se presuriza: 0.15MPa Cuando el lado delantero se presuriza: 0.2MPa			
Temperatura ambiente y de fluido	Sin detector magnético: -10° hasta 80°C Con detector magnético: -10° hasta 60°C			
Velocidad del émbolo	8 a 300mm/s			
Amortiguación	Amortiguación interna regulable			
Tolerancia de rosca	Clase 2 JIS			
Tolerancia de longitud de carrera	a 100mm ^{+0.0} _{-0.05} , 101 a 250mm ^{+0.0} _{-0.05} , 251 a 630mm ^{+0.05} _{-0.1} , 631 a 1.000mm ^{+0.1} _{-0.15} , 1001 a 1800mm ^{+0.15} _{-0.2}			

Carreras estándar

Conexión del cilindro (mm)	Carreras estándar (mm)	Carrera larga (mm)
32	25 a 600	1600 (1401 o más con anillo de refuerzo del frente) ^{1) 1)}
40	25 a 600	1600 (1401 o más con anillo de refuerzo del frente) ^{1) 1)}
50	25 a 600	1600 (1401 o más con anillo de refuerzo del frente) ^{1) 1)}
63	25 a 600	1600 (1501 o más con anillo de refuerzo del frente) ^{1) 1)}
80	25 a 1000	1600
100	25 a 1000	1600

¹⁾ Véase la tabla de selección de carrera en los datos técnicos 2, para determinar los límites de la carrera en función del tipo de fijaciones de montaje que se usarán. A continuación, realice la selección. Los rangos de carreras largas son diferentes según el tipo de fijaciones de montaje.

Nota 1) El rango de carrera larga para las series CH2E, CH2F y CH2H con fijaciones de montaje por brida y fijación oscilante como la serie CH2G, llega hasta los 1400mm.

Nota 2) El rango de carrera larga de las series CH2E, CH2F y CH2H con fijaciones por brida y oscilante como la serie CH2G, llega hasta los 1600mm.

Posiciones de conexión y de válvula de amortiguación

Modelo de montaje	Posición		A	C	D	E	F	G	H
	-		Conex. derecha Válvula de amort. parte inferior	Conex. izquierda Válvula de amort. parte superior	Conex. arriba Válvula de amort. izquierda	Conex. arriba Válvula de amort. parte inferior	Conex. derecha Válvula de amort. parte superior	Conex. derecha Válvula de amort. izquierda	Conex. izquierda Válvula de amort. derecha
B (Modelo básico)									
LA, LB (Ecuadrada)									

: Conexión : Válvula de amort. + Las dimensiones externas del cilindro aquí representadas se observan desde el extremo del vástago del cilindro.

Anexo 10. Características del motor eléctrico.

Fuente: Dinatex




Tabla de selección							
Potencia en HP	RPM	Voltaje	Armazón	GP10 Uso General Catálogo Spindon	Corriente Nominal A	Eficiencia Nominal %	Peso Kg
0.5	900	208-230/460	143T	A7B10001006610	1,3	72,0	24
0.75	1800	208-230/460	143T	A7B10001006612	1,1	82,5	24
	1200	208-230/460	143T	A7B10001006611	1,2	80,0	24
	900	208-230/460	145T	A7B10001006614	2,1	72,0	24
1	3600	208-230/460	143T	A7B10001006536	1,4	80,0	23
	1800	208-230/460	143T	A7B10001006539	1,5	82,5	24
	1200	208-230/460	145T	A7B10001006542	1,6	80,0	24
	900	208-230/460	182T	A7B10001006605	2,1	81,5	39
1.5	3600	208-230/460	143T	A7B10001006537	2,0	82,5	24
	1800	208-230/460	145T	A7B10001006540	2,2	84,0	26
	1200	208-230/460	182T	A7B10001006547	2,4	85,5	38
	900	208-230/460	184T	A7B10001006617	3,0	82,5	45
2	3600	208-230/460	145T	A7B10001006538	2,6	84,0	24
	1800	208-230/460	145T	A7B10001006541	3,0	84,0	27
	1200	208-230/460	184T	A7B10001006548	3,1	86,5	43
	900	208-230/460	213T	A7B10001006606	3,3	84,0	56
3	3600	208-230/460	182T	A7B10001006543	3,7	85,5	39
	1800	208-230/460	182T	A7B10001006545	4,0	87,5	40
	1200	208-230/460	213T	A7B10001006553	4,2	87,5	65
	900	208-230/460	215T	A7B10001006607	4,8	85,5	63

Anexo 11. Datos técnicos del motorreductor

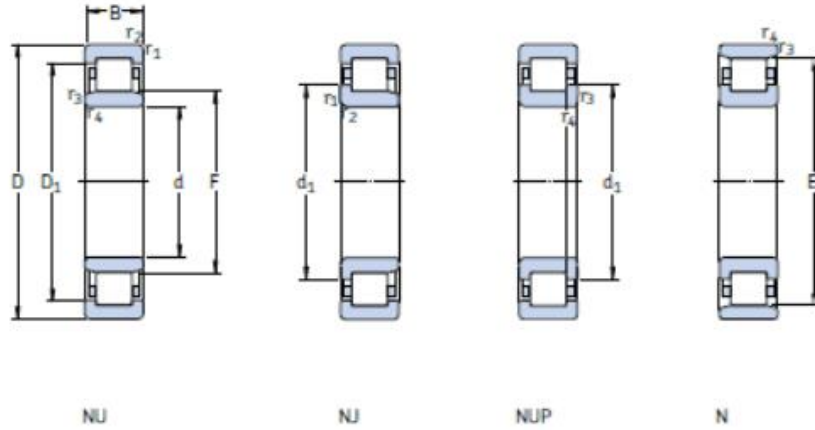
Fuente: CMB



Datos técnicos		Dados técnicos		Technical data					
						n_1 1750 [min ⁻¹]			
	n_2 [min ⁻¹]	Mn_2 [Nm]	Pn_1 [kW]	i	IEC Motores aplicables IEC Motores aplicáveis IEC Motor adapters				
	CMBIS 903				71 B5	80 B5/B14	90 B5/B14	100/112 B5/B14	
	263	280	8.2	6.65	B				
	219	280	6.8	8.00	B				
	180	280	5.6	9.74	B				
	156	280	4.9	11.21	B				
	124	300	4.1	14.09	B				
	98	450	4.9	17.95	B				
	81	450	4.1	21.60	B				
	67	450	3.3	26.30	B				
	58	450	2.9	30.25	B				
	45	500	2.5	39.26	B			*	
	37	500	2.1	47.25	B			*	
	30	500	1.7	57.52	B			*	
	26	500	1.5	66.17	B			*	
	21	500	1.2	83.20	B		*	*	
	16	500	0.90	108.09	B		*	*	
	13	500	0.74	132.23	B		*	*	
	12	500	0.66	147.92	B		*	*	
	10	500	0.58	167.09	B	*	*	*	
	9.2	500	0.51	191.06	B	*	*	*	
	7.9	500	0.44	221.88	B	*	*	*	
	6.7	500	0.37	262.96	B	*	*	*	

Anexo 12. Rodamientos eje superior

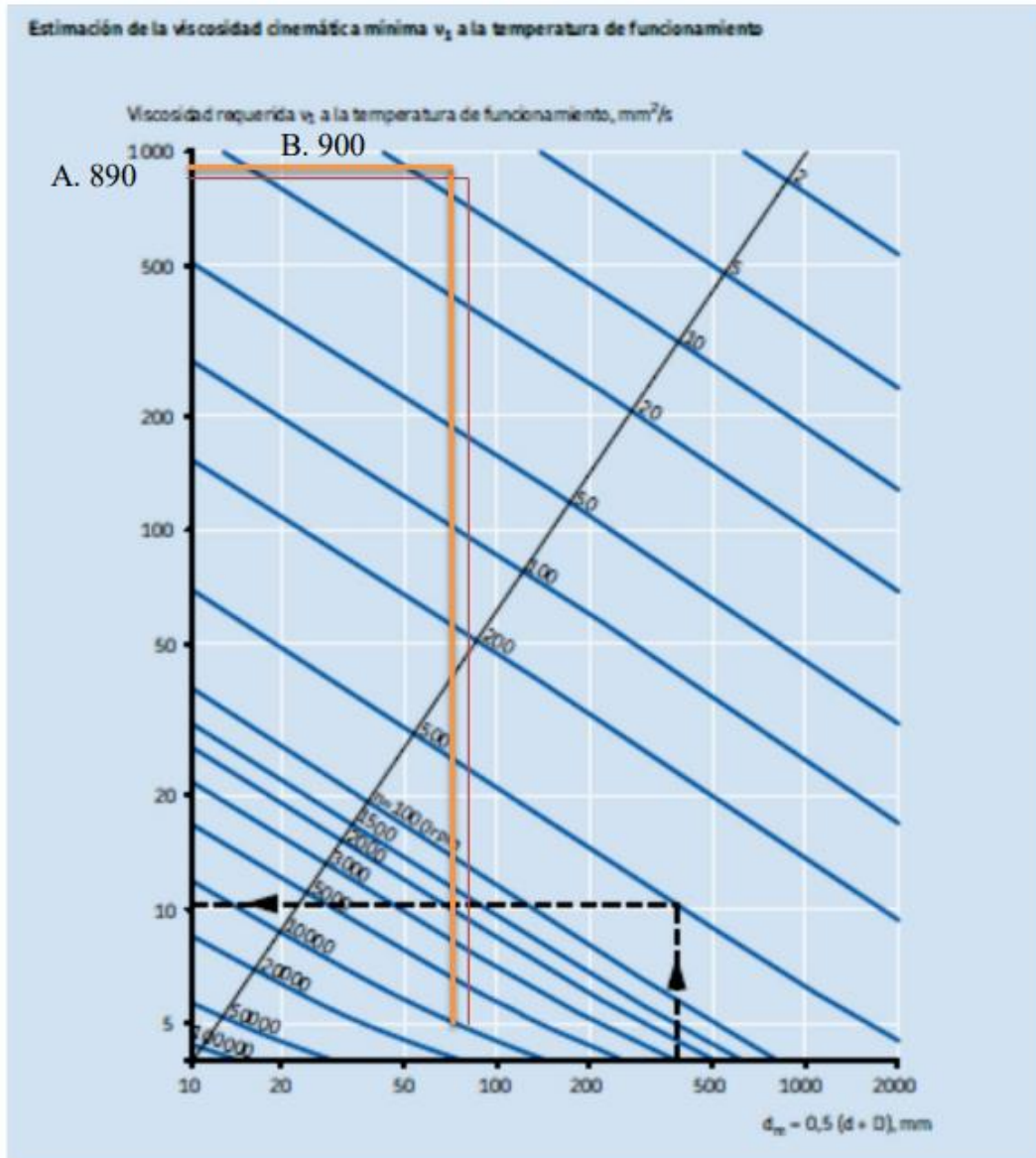
Fuente: Catalogo SKF



Dimensiones principales	Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa Rodamiento con jaula estándar	Designaciones		Jaulas estándar de diseño alternativo ¹⁾	
	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		Rodamiento con jaula estándar	Rodamiento con jaula estándar		
d	D	B	kN	kN	rpm	kg	-			
50 cont.	90	23	90	88	11,4	8 500	9 000	0,56	* NU 2210 ECP	J, M, ML
	90	23	90	88	11,4	8 500	9 000	0,57	* NJ 2210 ECP	J, M, ML
	90	23	90	88	11,4	8 500	9 000	0,59	* NUP 2210 ECP	J, ML
	110	27	127	112	15	6 700	8 000	1,14	* NU 310 ECP	J, M, ML
	110	27	127	112	15	6 700	8 000	1,17	* NJ 310 ECP	J, M, ML
	110	27	127	112	15	6 700	8 000	1,20	* NUP 310 ECP	J, M, ML
	110	27	127	112	15	6 700	8 000	1,14	* N 310 ECP	M
	110	40	186	186	24,5	6 700	8 000	1,73	* NU 2310 ECP	ML
	110	40	186	186	24,5	6 700	8 000	1,77	* NJ 2310 ECP	ML
	110	40	186	186	24,5	6 700	8 000	1,80	* NUP 2310 ECP	ML
	130	31	130	127	16,6	6 000	7 000	2,00	NU 410	-
	130	31	130	127	16,6	6 000	7 000	2,05	NJ 410	-
55	90	18	57,2	69,5	8,3	8 000	8 500	0,39	NU 1011 ECP	-
	100	21	96,5	95	12,2	7 500	8 000	0,66	* NU 211 ECP	J, M, ML
	100	21	96,5	95	12,2	7 500	8 000	0,67	* NJ 211 ECP	J, M, ML
	100	21	96,5	95	12,2	7 500	8 000	0,69	* NUP 211 ECP	J, M, ML
	100	21	96,5	95	12,2	7 500	8 000	0,66	* N 211 ECP	M
	100	25	114	118	15,3	7 500	8 000	0,79	* NU 2211 ECP	J, M, ML
	100	25	114	118	15,3	7 500	8 000	0,81	* NJ 2211 ECP	J, M, ML
	100	25	114	118	15,3	7 500	8 000	0,82	* NUP 2211 ECP	J, ML
	120	29	156	143	18,6	6 000	7 000	1,45	* NU 311 ECP	J, M, ML
	120	29	156	143	18,6	6 000	7 000	1,50	* NJ 311 ECP	J, M, ML
	120	29	156	143	18,6	6 000	7 000	1,55	* NUP 311 ECP	J, M, ML
	120	29	156	143	18,6	6 000	7 000	1,45	* N 311 ECP	M

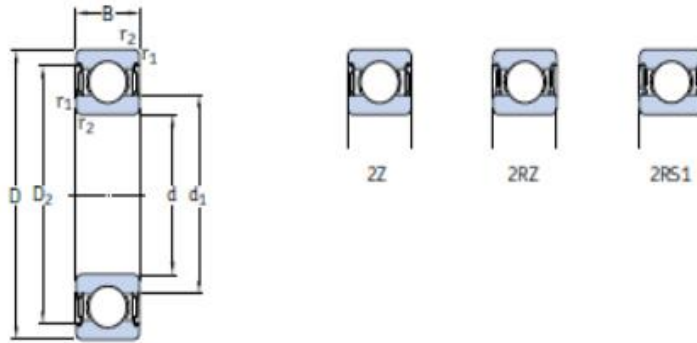
Anexo 13. Diagrama para la selección de la viscosidad cinemática requerida para un rodamiento

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 9na edición.



Anexo 14. Datos técnicos de los rodamientos eje inferior

Fuente: Catalogo SKF




Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamiento obturado a ambos lados	un lado
mm			kN		kN	rpm	kg	-		
50	65	7	6,76	6,8	0,285	20 000	10 000	0,052	61810-2RZ	-
	65	7	6,76	6,8	0,285	-	6 000	0,052	61810-2RS1	-
	72	12	14,6	11,8	0,5	19 000	9 500	0,14	61910-2RZ	-
	72	12	14,6	11,8	0,5	-	5 600	0,14	61910-2RS1	-
	80	16	22,9	16	0,71	18 000	9 000	0,26	*6010-2Z	*6010-Z
	80	16	22,9	16	0,71	18 000	9 000	0,26	*6010-2RZ	*6010-RZ
	80	16	22,9	16	0,71	-	5 000	0,26	*6010-2RS1	*6010-RS1
	80	23	21,6	16	0,71	-	5 000	0,37	63010-2RS1	-
	90	20	37,1	23,2	0,98	15 000	8 000	0,46	*6210-2Z	*6210-Z
	90	20	37,1	23,2	0,98	15 000	8 000	0,46	*6210-2RZ	*6210-RZ
	90	20	37,1	23,2	0,98	-	4 800	0,46	*6210-2RS1	*6210-RS1
	90	23	35,1	23,2	0,98	-	4 800	0,52	62210-2RS1	-
55	110	27	65	38	1,6	13 000	6 700	1,05	*6310-2Z	*6310-Z
	110	27	65	38	1,6	-	4 300	1,05	*6310-2RS1	*6310-RS1
	110	40	61,8	38	1,6	-	4 300	1,55	62310-2RS1	-
	72	9	9,04	8,8	0,375	19 000	9 500	0,083	61811-2RZ	-
	72	9	9,04	8,8	0,375	-	5 300	0,083	61811-2RS1	-
	80	13	16,5	14	0,6	17 000	8 500	0,19	61911-2RZ	-
	80	13	16,5	14	0,6	-	5 000	0,19	61911-2RS1	-
	90	18	29,6	21,2	0,9	16 000	8 000	0,39	*6011-2Z	*6011-Z
	90	18	29,6	21,2	0,9	-	4 500	0,39	*6011-2RS1	*6011-RS1

Anexo 15. Datos de la luz piloto

PILOT LIGHT AD16-22D/S (LED TYPE)

- ITEM NO : AD16-30D/S ø30
AD16-22D/S ø22
AND ø25 common use
- VOLTAGE : AC/DC 6V, 12V, 24V, 36V,
48V, 110V
AC 220V, 380V
DC 220V
- COLOR : RED, YELLOW, BLUE, GREEN,
WHITE



The image displays six LED pilot lights arranged in two rows. The top row features three lights: a green one on the left, a white one in the center, and another white one on the right. The bottom row features three lights: a yellow one on the left, a blue one in the center, and a red one on the right. Each light is cylindrical with a colored top and a black base. The labels 'GREEN', 'WHITE', 'YELLOW', 'BLUE', and 'RED' are printed below their respective lights.

**Anexo 16. Tablas de salarios mínimos sectoriales 2016, comisión sectorial N°8
“Metalmecánica”**

ANEXO 1.- ESTRUCTURAS OCUPACIONALES Y PORCENTAJES DE INCREMENTO PARA LA REMUNERACIÓN MÍNIMA SECTORIAL
COMISIÓN SECTORIAL No. 8 "METALMECÁNICA"

RAMAS DE ACTIVIDAD ECONÓMICA:

- 1.- INDUSTRIAS BÁSICAS DEL HIERRO, ACERO Y METALES NO FERROSOS
- 2.- FABRICACIÓN DE MUEBLES Y ACCESORIOS METÁLICOS
- 3.- FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS METÁLICOS (ENVASES, RECIPIENTES, UTENSILIOS DE USO DOMÉSTICO, PRODUCTOS DE TORNERERÍA, CLAVOS,
- 4.- TUERCAS ARTÍCULOS DE ALAMBRES), EXCEPTO MAQUINARIA Y EQUIPOS
- 5.- FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS ESTRUCTURALES

CARGO / ACTIVIDAD	ESTRUCTURA OCUPACIONAL	COMENTARIOS / DETALLES DEL CARGO O ACTIVIDAD	CÓDIGO IESS	SALARIO MÍNIMO SECTORIAL 2016
JEFE DE PRIMER NIVEL DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B1	INCLUYE: JEFE DE MANTENIMIENTO, JEFE DE DISTRIBUCIÓN Y LOGÍSTICA, JEFE DE CONTROL DE CALIDAD, JEFE DE RECURSOS HUMANOS, JEFE DE PRODUCCIÓN, JEFE DE BOGEGA, JEFE DE PLANTA, JEFE DE PROYECTO, JEFE DE VENTAS, JEFE DE COMPRAS	0810000000021	380,71
JEFE/COORDINADOR DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B2	INCLUYE: JEFE DE SECCIÓN, JEFE DE INSTALACIÓN, JEFE DE TALLER, JEFE DE ENDEBEZADOR, JEFE DE MAESTRANZA, JEFE DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, JEFE DE MATRICEROS INCLUYE RODILLOS Y CAJAS DE LAMINACIÓN, JEFE DE TALLERES DE REPETIDORES, JEFE DE MANTENIMIENTO MECÁNICO Y ELÉCTRICO	0814189100022	380,60
ANALISTA/SPECIALISTA/INSPECTOR/SUPERVISOR DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B3	INCLUYE: SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN, SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO MECÁNICO, SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO, SUPERVISOR DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, SUPERVISOR DE PATIOS Y MOVIMIENTO, SUPERVISOR DE ENDEBEZADORA, SUPERVISOR DE BOGEGA, SUPERVISOR DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA, INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD, INSPECTOR DE PALANQUILLA, INSPECTOR MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO, INSPECTOR MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO	0810000000023	380,45
TÉCNICOS DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	C1	INCLUYE: OPERADOR CNC/CORTE DIGITAL, OPERADOR BARQUADORA DIGITAL, ELECTROMECÁNICO, ELECTRÓNICO, OPERADOR DE CORTE DE PLATO, OPERADOR DE MÁQUINAS DE ELECTROEROSIÓN, PREPARADOR DE COLORES, OPERADOR DE SECCIÓN, TORNERO, SOLDADOR ESPECIALIZADO, ELECTRICISTA ESPECIALIZADO, MECÁNICO ESPECIALIZADO, OPERADOR SENIOR	0820000000026	380,35
OPERADOR GENERAL DE MAQUINARIA/EQUIPO DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	C2	INCLUYE: OPERADOR JUNIOR, CERRAJERO	0820000000025	380,09
ESMALTADOR Y ENLOZADOR DE UTENSILIOS DE USO DOMÉSTICO	C3		0814189100106	380,09
AUXILIAR / AYUDANTE DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	D2	INCLUYE: AYUDANTES EN GENERAL	0820000000029	377,75
AUXILIAR / AYUDANTE DEL SECTOR DE METALMECÁNICA SIN EXPERIENCIA	E2	INCLUYE: AYUDANTES SIN EXPERIENCIA PREVIA	0820000000010	375,37

Anexo 17. Proceso de construcción.

1.- Adquisición de elementos y materiales de la máquina.

Bomba hidráulica



Motor de 2Hp para el sistema hidráulico



Actuador Hidráulico



Motorreductor



Plancha Acero ASTM A36 15 mm



Ejes Acero AISI 4340 de 60 mm



Eje perforado 150 X 85



Engranajes



Indicador de nivel



Unión Matrimonio



Filtro de aspiración



Manómetro



Válvula direccional 4, 3 vías



Filtro de retorno



2. Una vez obtenido los materiales se realiza la construcción del sistema hidráulico

a. Corte y doblado de placas para el tanque



b. Corte de placa divisoria del tanque



c. Perforado de la placa intermedia



d. Corte para conductos



e. Ensamble total del tanque



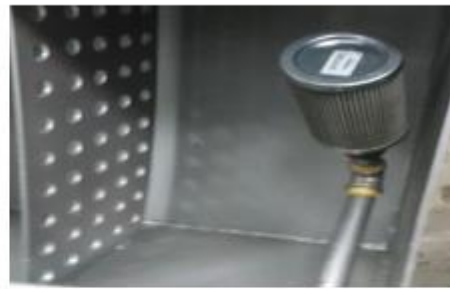
f. Conjunto armado



g. Acople motor- Bomba



h. Instalación de filtro de aspiración



i. Ensamble final del sistema hidráulico



3. Construcción de la estructura

Una vez construido el sistema hidráulico se construye el sistema mecánico y la estructura.

a. Corte de perfiles UPN 120



b. Perforados de perfiles



c. Armado de la estructura



d. Armado de soporte para el reductor



e. Corte de placas de unión del actuador



f. Perforado en placas de unión al actuador



g. Mecanizado de ejes



h. Mecanizado de tapas de rodamientos de eje



i. Mecanizado de eje perforado



j. Mecanizado de base estructura unión reductor



k. Armado del sistema de control



I. Ensemble Final



Anexo 18. Plano de construcción